

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**GENERACIÓN DEL SETUP DEL ESTÁNDAR
5G EN SYSTEMVUE PARA VALIDAR Y
TESTEAR COMPONENTES DE RF**

Setup generation of standard 5G in
SystemVue to validate and testing RF
components

Para acceder al Título de

***Graduado en
Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación***

Autor: Alejandro González Nava

Septiembre - 2019



E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACION

GRADUADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

CALIFICACIÓN DEL TRABAJO FIN DE GRADO

Realizado por: Alejandro González Nava

Director del TFG: Amparo Herrera Guardado

Título: “Generación del setup del estándar 5G en SystemVue para validar y testear componentes de RF”

Title: “Setup generation of standard 5G in SystemVue to validate and testing RF components “

Presentado a examen el día:

para acceder al Título de

GRADUADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

Composición del Tribunal:

Presidente: Crespo Fidalgo, José Luis

Secretario: Aja Abelán, Beatriz

Vocal: Herrera Guardado, Amparo

Este Tribunal ha resuelto otorgar la calificación de:

Fdo.: El Presidente

Fdo.: El Secretario

Fdo.: El Vocal

Fdo.: El Director del TFG

Vº Bº del Subdirector

Trabajo Fin de Grado N°
(a asignar por Secretaría)

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecer a mi directora del trabajo de fin de grado Amparo Herrera por confiar en mí, por apoyarme y ayudarme en cada paso que iba dando a lo largo de este proyecto, incluso en sus vacaciones. Gracias por darme la oportunidad de trabajar en este tema y formarme mejor como ingeniero para un futuro cercano.

En segundo lugar, me parece imprescindible remarcar la labor y la formación que recibimos como ingenieros de telecomunicaciones de todos los profesores que nos han ido dando clase en la Universidad de Cantabria.

Gracias a ti también Javier Guitián, más conocido como el Guiti, por enseñarnos desde el minuto 1 de la carrera y ponernos las cosas más fáciles.

Por otro lado, quiero dar las gracias a todas aquellas personas que he ido conociendo a lo largo de la carrera y a los que he conocido fuera de ella, Jorge, Marcos... sois un pilar muy importante.

Por último, y más importante, quiero agradecer a toda mi familia la educación, el apoyo, la felicidad y la alegría que me dan para afrontar cada situación en la vida. Más concretamente, gracias Mamá, Papá, Alvarito y Abuela. Finalmente, quiero darte las gracias a ti, por aguantarme en épocas de exámenes, alegrarme cada día y animarme en todos los aspectos de la vida, eres familia, gracias Andrea.

Resumen

El trabajo se desarrolla en la rama de RF, concretamente en la parte de comunicaciones móviles siguiendo el estándar 5G. Para ello, hemos utilizado tanto el entorno SystemVue como ADS, permitiendo así un flujo de datos entre ambos programas.

Caracterizando el proyecto realizado, hemos creado una fuente 5G en el entorno SystemVue a la frecuencia de 1.92 GHz del primer grupo NR, considerado también el primer canal en el enlace ascendente, del dispositivo móvil a la estación base. De modo que sirva como señal de entrada en los subsistemas de RF que se vayan a diseñar para los futuros equipos de comunicación y probar sus prestaciones en condiciones reales de señal.

Una vez consolidada en el entorno, hemos programado un Virtual Test Bench (VTB) para llevarlo a ADS y así, poder desarrollar los diseños para comprobar o testear componentes de RF siguiendo el estándar 5G, en este caso, el amplificador comercial de bajo ruido CMA-545G1+.

Finalmente, para comprobar el potencial de programa que tiene SystemVue, hemos realizado una prueba con el cosimulador, el cual sin salirse del programa podemos realizar una llamada a ADS, la cual simule el esquemático y nos devuelva los resultados obtenidos.

Abstract

The work is carried out in the RF branch, specifically in the mobile communications part following the 5G standard. For this, we have used both the SystemVue and ADS environment, thus allowing data flow between both programs.

Characterizing the project, we have created a 5G source in the SystemVue environment at the frequency of 1.92 GHz of the first NR group, also considered the first channel in the uplink, from the mobile device to the base station. So that it serves as an-input signal in the RF subsystems that can be designed for future communication equipment and test its performance in real signal conditions.

Once consolidated in the environment, we have programmed a Virtual Test Bench (VTB) to take it to ADS and thus be able to develop designs to check or test RF components following the 5G standard, in this case, the commercial low noise amplifier CMA- 545G1 +.

Finally, to check the program potential that SystemVue has, we have performed a test with the cosimulator, which without leaving the program we can make a call to ADS, which simulates the schematic and returns the results obtained.

Índice General

Acrónimos.....	XI-XII
 Capítulo 1: Introducción	1
1.1. Contexto del trabajo	1
1.2. Objetivo	2
1.3. Motivación	2
1.4. Organización del trabajo	3
 Capítulo 2: Estándar 5G.....	5
2.1. Evolución comunicaciones móviles	5
2.2. Situación 5G.....	6
2.3. Necesidades del estándar	8
 Capítulo 3: Entorno SystemVue.....	10
3.1. Introducción.....	10
3.2. Conceptos básicos	12
 Capítulo 4: Programación 5G	15
4.1. A cerca de la fuente 5G	15
4.1.1. Introducción	15
4.1.2. Características 5G	16
4.2. Programación de la fuente	17

4.2.1. Componentes	17
4.2.2. Configuración de la fuente	21
4.2.3. Variables y ecuaciones del entorno	23
Capítulo 5: Generación VTB	24
5.1. Pasos para llevar el VTB-ADS	24
5.2. Configuración en ADS.....	27
5.3. Testear componentes	29
Capítulo 6: Cosim en SystemVue	37
6.1. ¿Para qué sirve?	37
6.2. Cómo se utiliza y se configura en SystemVue	38
6.3. Diseño Cosim en ADS	41
Capítulo 7: Conclusiones	45
Capítulo 8: Referencias.....	47
Anexos	48

Índice Figuras

Capítulo 2

Figura 2. 1. Primer y segundo dividendo digital.....	6
Figura 2. 2. Ramas que abarca el 5G	7
Figura 2. 3. Mejora de las capacidades fundamentales de las redes 5G	9

Capítulo 3

Figura 3. 1. Ventana emergente de bienvenida a SystemVue	11
Figura 3. 2. Segunda ventana emergente SystemVue.....	11
Figura 3. 3. Pantalla principal un nuevo proyecto en SystemVue	12
Figura 3. 4. Barra de herramientas SystemVue	13
Figura 3. 5. Workspace Tree	13
Figura 3. 6. Part Selector	14

Capítulo 4

Figura 4. 1. Componente DataPattern.....	17
Figura 4. 2. Componente LTE_UL_Src	18
Figura 4. 3. Componente CxToRect.....	18
Figura 4. 4. Componente Modulator.....	18
Figura 4. 5. Oscilador local.....	19
Figura 4. 6. Componente SVE_Link.....	19
Figura 4. 7. Componente Spectrum Analyzer.....	19
Figura 4. 8. Componente Sink.....	20

Figura 4. 9. Diseño Setup 5G	20
Figura 4. 10. Configuración fuente 5G	21
Figura 4. 11. Configuración del oscilador	22
Figura 4. 12. Configuración SVE_Link	23
Figura 4. 13. Parametros y ecuaciones del entorno	24

Capítulo 5

Figura 5. 1. Opciones Avanzadas SVE_Link.....	25
Figura 5. 2. Validación SVE - VTB	26
Figura 5. 3. Deshabilitar SVE_Link con un abierto	26
Figura 5. 4. Compatibilidad de las versiones de ADS y SystemVue	27
Figura 5. 5. Configuración librería	28
Figura 5. 6. Importación VTB.....	28
Figura 5. 7. Folder View	29
Figura 5. 8. Editar parametros para convertirlo en un Amplificador comerc.....	30
Figura 5. 9. Análisis en frecuencia del amplificador	31
Figura 5. 10. Resultados parametros S (2,1) y S (1,1)	31
Figura 5. 11. Esquemático con el VTB y el amplificador comercial	32
Figura 5. 12. Subcircuito del amplificador comercial con la potencia de saturación = 34.08.....	33
Figura 5. 13. Resultados primera simulación	33
Figura 5. 14. Cálculo del ACPR.....	34
Figura 5. 15. Resultado amplificador sin P1dB.....	35
Figura 5. 16. VTB con una resistencia de 50 Ohmios	36
Figura 5. 17. Resultados con un componente pasivo: resistencia.....	37

Capítulo 6

Figura 6. 1. Componente ADSCosimBlock	38
Figura 6. 2. Propiedades para invocar el archivo de ADS.....	39
Figura 6. 3. Fuente 5G adaptada a Cosim	40
Figura 6. 4. Circuito principal de ADS	41
Figura 6. 5. Subcircuito con el amplificador configurado	42
Figura 6. 6. Simulación en toda la banda desde SystemVue	44

Índice Tablas

Tabla 1. UE channel bandwidth y SCS	16
Tabla 2. Rango de frecuencias para los diferentes canales	16
Tabla 3. Potencia y tolerancia de los canales	17

Acrónimos

1. ADS: Advanced Design System
2. GSM: Sistema global para las comunicaciones móviles (Global System Mobile), tecnología de 2ª generación
3. FDMA: Frequency-Division Multiple Access
4. TDMA: Time-Division Multiple Access
5. UMTS: Sistema universal de telecomunicaciones móviles (Universal Mobile Telecommunications System), tecnología de 3ª generación
6. WCDMA: Wideband Code Division Multiple Access
7. UIT-R: Sector de las telecomunicaciones de la UIT (Unión internacional de las telecomunicaciones)
8. LTE: Long Term Evolution
9. OFDMA: Orthogonal Frequency-Division Multiple Access
10. SC-OFDMA: Single Carrier – Orthogonal Frequency Division Multiple Access
11. CP-OFDM: Cyclic prefix – Orthogonal Frequency Division Multiplexing
12. IOT: Internet Of Things
13. PRACH: Proceso de sincronización del enlace
14. PUCCH: Canal físico en el enlace ascendente que transporta información de control
15. FR1: Frequency Range 1

- 16.FR2: Frequency Range 2
- 17.NR: New Radio
- 18.BW: Bandwidth
- 19.DAC: Data Access Component
- 20. P1dB: Punto de compresión 1 dB

1. Introducción

1.1. Contexto del trabajo

El contexto del trabajo viene dado por la novedad que presentan las comunicaciones móviles en el entorno 5G, el cual será publicado y desplegado a partir del año 2020, por lo que estamos ante un tema de innovación y actualidad.

En este año 2019, se han llevado a cabo gran parte de las especificaciones de cómo se va a desarrollar el entorno, por lo que hemos podido extraer de ellas los parámetros necesarios y esenciales ya publicados para diseñar nuestra fuente 5G lo más real posible.

Debido a ello, nos hemos centrado en el enlace ascendente, el cual va del dispositivo móvil a la estación base, a la frecuencia de 1.92 GHz correspondiente al primer canal.

Para la realización del trabajo nos hemos basado en los programas SystemVue y ADS, cosimulando ambos para efectuar los diseños creados. Cabe destacar que hemos querido hacer hincapié en el entorno SystemVue debido al potencial que presenta, y a la intención de mi directora de formarme tanto a mí como primerizo en este entorno como a los próximos estudiantes que escojan la rama de telecomunicaciones, y cursen la asignatura de sistemas de comunicaciones para completar su formación académica.

1.2. Objetivo

El objetivo principal de este trabajo es realizar un entorno de trabajo que genere la señal 5G de comunicaciones móviles en el enlace ascendente, siguiendo los estándares de los que se tiene información.

De modo que sirva como señal de entrada en los subsistemas de RF que se vayan a diseñar para los futuros equipos de comunicación y probar sus prestaciones en condiciones reales de señal.

Otro objetivo del proyecto es consolidar y presentar el programa SystemVue como un software muy completo para simular entornos de comunicaciones y mejorar la formación de los alumnos de ingeniería telecomunicaciones

1.3 Motivación

Desde que cursé la asignatura de sistemas de comunicaciones, tenía la idea de que la profesora que me gustaría que me dirigiese el TFG era Amparo debido a la cercanía entre alumno-profesor y la capacidad para transmitirnos sus conocimientos, además de animarnos y darnos confianza en las presentaciones de los trabajos. Por lo que finalmente, opté por continuar con mi idea principal y tras presentarme varios temas elegí el relativo al 5G.

La principal motivación de realizar este trabajo de fin de grado era debido a la temática de este, la cual se muestra innovadora y

muy interesante respecto a mi formación en un futuro como ingeniero de telecomunicaciones.

Además, me crea una gran curiosidad conocer y aprender este tipo de información relativa al estándar adquirida a lo largo del trabajo.

1.4. Organización del proyecto

En este punto vamos a facilitar al lector los contenidos que contiene cada capítulo para poder así, buscar directamente la información que quiera conocer.

Capítulo 1:

En este capítulo encontramos la introducción del trabajo en el cual se recoge el contexto en el que se encuentra y el objetivo de este, la motivación que me llevó a elegir a mi tutora y la temática, y una breve descripción de cada capítulo.

Capítulo 2:

En el siguiente capítulo podemos encontrar una breve introducción a la evolución que han tenido las comunicaciones móviles y la situación en la que se encuentra el 5G con sus principales características. Además, hemos avanzado la pretensión que va a tener este estándar en las diferentes ramas de las telecomunicaciones.

Capítulo 3:

En el capítulo 3 vamos a introducir el entorno SystemVue, conociendo los conceptos básicos que debemos aprender para

familiarizarnos con este programa, además de exponer cómo se trabaja.

Capítulo 4:

En este capítulo se recoge toda la programación realizada en SystemVue para crear la fuente 5G con sus respectivas variables para que posteriormente podamos introducir el setup como un VTB en ADS.

Capítulo 5:

En el siguiente capítulo se muestran los pasos que se deben dar para configurar el VTB en ADS. Una vez configurado, se ofrece un ejemplo de un amplificador de bajo ruido trabajando a la frecuencia requerida con el VTB creado.

Capítulo 6:

En el capítulo 6 se propone otra alternativa que podemos utilizar con SystemVue para simular un diseño de ADS sin salirse de dicho programa. La alternativa lleva el nombre de Cosim (cosimulación entre SystemVue y ADS) y en este capítulo se recogen los pasos que debemos realizar para llevar a cabo esta simulación.

Capítulo 7:

En el último capítulo se presentan las conclusiones halladas a lo largo del trabajo y las líneas futuras que se pueden dar en años próximos con la evolución y la publicación del estándar 5G.

2. Estándar 5G

2.1. Evolución comunicaciones móviles

A continuación, realizaré una breve evolución de las comunicaciones móviles que va desde la segunda generación (2G) hasta la actual quinta generación (5G) [1],[2]:

- Segunda generación (2G): Utiliza tecnología GSM y fue la primera en utilizar voz y datos digitales. Se creó en 1982 pero sus redes no se empezaron a desplegar hasta el año 1991. Se caracteriza con una tecnología de acceso FDMA/TDMA con una velocidad de 14Kbps a 64Kbps.
- Tercera generación (3G): Creada en 1995 bajo el nombre de UMTS, pero no fue impulsado comercialmente hasta 2003. “Esta generación se planteó aumentar las tasas de datos, facilitar el crecimiento, mayor capacidad de voz y datos, dar soporte a diversas aplicaciones y alta transmisión de datos a bajo coste” (Equipo de expertos VIU, 2016) , entre otras cosas. Se caracteriza por utilizar tecnología WCDMA/FDMA/TDMA con una velocidad de 384Kbps a 2Mbps.
- Cuarta generación (4G): En 2008 se aprobaron por la UIT-R los requisitos para los sistemas 4G (LTE) pero no es hasta 2010 cuando se empiezan a desplegar las primeras redes. Esta generación revoluciona las comunicaciones móviles pasando a alcanzar

velocidades desde los 100Mbps hasta 1Gbps utilizando tecnología de acceso OFDMA para el DL y SC-OFDMA para el UL. Además, para liberar el espectro de frecuencias se produjo con ello el primer dividendo digital, liberando así la banda de los 800MHz como vemos en la figura 2.1.

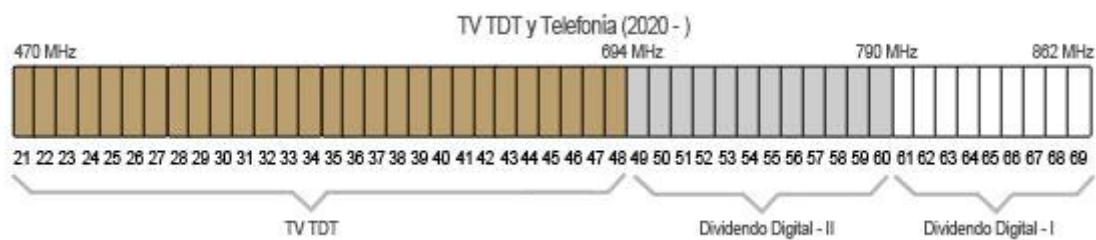


Figura 2. 1. Primer y Segundo dividendo digital

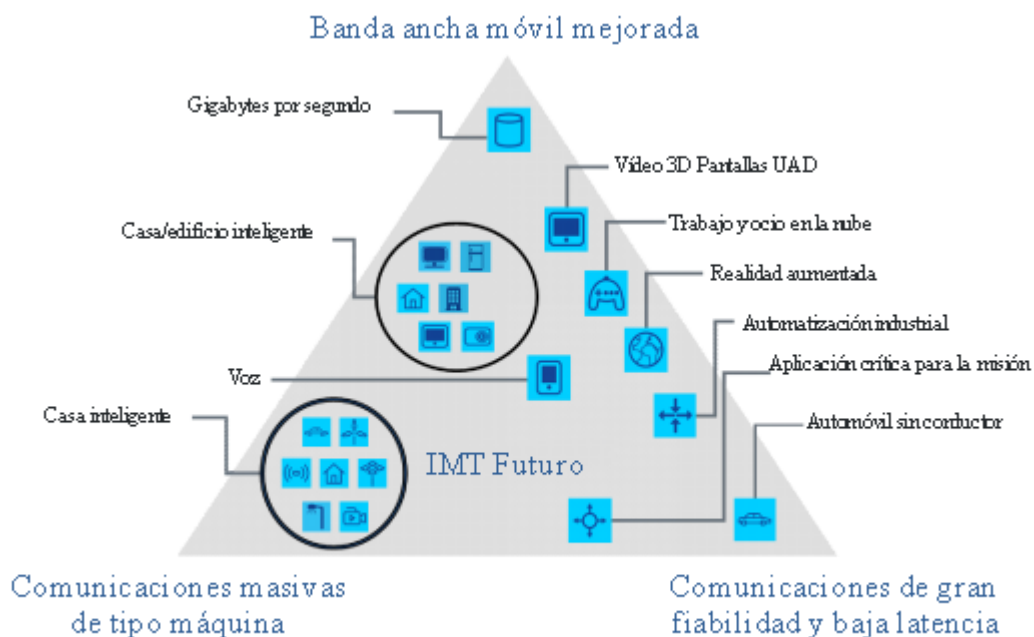
- Quinta generación (5G): En 2012 la ITU-R propone comenzar el programa "IMT for 2020 and beyond":5G y es para este próximo año 2020 cuando se tiene previsto completar todas las especificaciones del estándar. La tecnología que se estudia utilizar es CP-OFDM y la velocidad comprenderá desde 1Gbps a 10Gbps. Para ello, hará falta liberar el espectro de frecuencia en la banda de los 700MHz por lo que se confirma que el 30 de junio de 2020 se producirá el segundo dividendo digital, como podemos ver en la figura 2.1.

2.2. Situación 5G

El estándar 5G como hemos comentado anteriormente se completará el próximo año 2020, y dará paso a una auténtica

revolución en el mundo de las comunicaciones. Los temas que aborda el 5G NR son los siguientes [3],[4]:

- Banda Ancha móvil mejorada: Para abordar la densidad de usuarios y las prestaciones que requieren los usuarios, entre otras cosas.
- Comunicaciones de gran fiabilidad y baja latencia: Para favorecer aplicaciones de seguridad.
- Comunicaciones masivas de tipo máquina: Para satisfacer las necesidades del IOT.



M103-01

Figura 2. 2. Ramas que abarca el 5G

En Europa, las bandas definitivas para el 5G serán las siguientes [5],[6],[7]:

Debido a la necesidad de trabajar con más ancho de banda se requerirá liberar el espectro en la banda de los 700MHz y aumentar la frecuencia al orden de los GHz.

- 700 MHz
- 3.4GHz a 3.8GHz
- 24.25GHz a 27.5GHz

Junto a las ya utilizadas se formarán dos grandes rangos de frecuencias:

- FR1: comprende desde 450MHz a 6000MHz, y es una evolución del LTE con mucha menor latencia y mayor fiabilidad.
- FR2: comprende desde 24250MHz a 52600MHz, y tiene como función aumentar el ancho de banda con canales de hasta 400MHz.

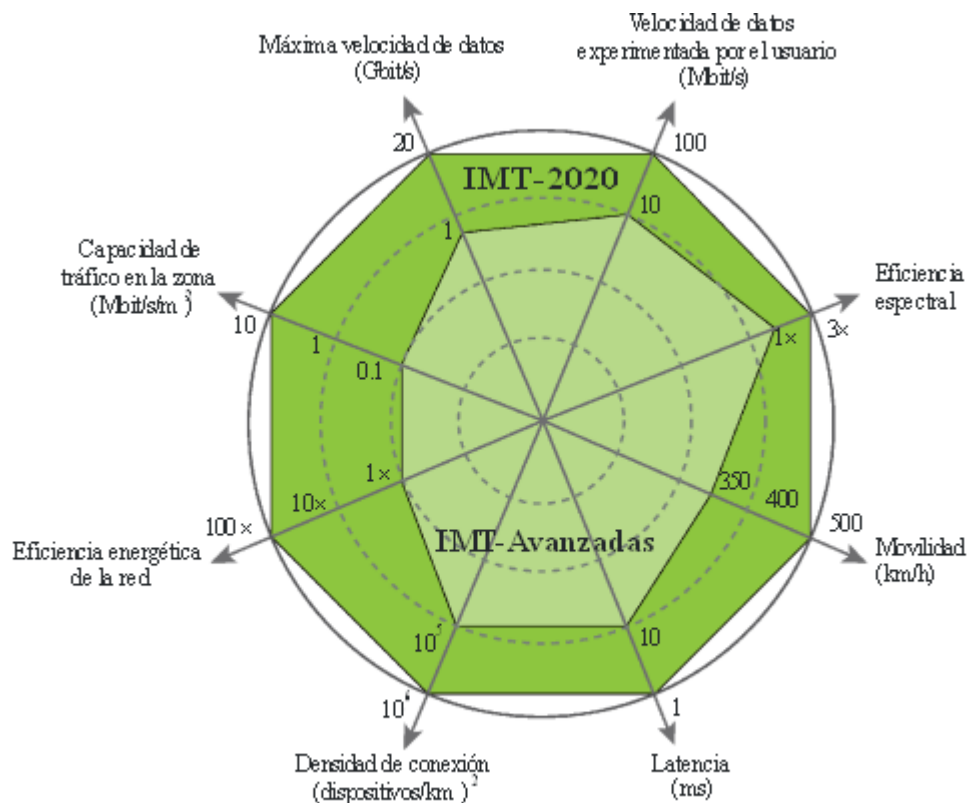
Para concluir, centrándonos en las comunicaciones móviles, debemos tener en cuenta que nuestro dispositivo móvil va a estar conectado simultáneamente a la red 5G y 4G, es decir, que estaremos ante una conectividad dual, en la que nos conectaremos en una primera instancia a 4G y si precisamos más velocidad saltaremos a la red 5G. En un futuro, se pretende que los dispositivos móviles se conecten solo se conecten a la red 5G, pero por el momento no es posible [8].

2.3. Necesidades del estándar

Las necesidades que debe cumplir el estándar 5G están basadas en las siguientes referencias [3],[4], las cuales se van a explicar a continuación:

Ante el aumento de dispositivos móviles, el aumento del tráfico de datos y el despliegue del IOT, el cual, requiere que las redes puedan manejar miles de millones de dispositivos más, se maneja la necesidad de implementar dicho estándar para sostener los requisitos que demanda la sociedad actual. Para ello, se ha llevado

a cabo un estudio de que se debe mejorar para poder sostener las redes como vemos en la figura 2.3 [4]:



M.2083-03

Figura 2. 3. Mejora de las capacidades fundamentales de las redes 5G

Como observamos en la figura 2.3 las mejoras que se pretenden son entre otras, una latencia de 1ms, una mejora por 3 de la eficiencia espectral, un incremento por 100 de la eficiencia energética de la red y aumentar por 10 la capacidad de tráfico en la zona. A parte de esto, se aumentará considerablemente la velocidad de navegación por usuario y la velocidad de datos.

3. Entorno SystemVue

3.1. Introducción

Siguiendo la descripción que nos ofrece Keysight [9], “SystemVue es un entorno de automatización de diseños electrónicos (EDA) enfocado para el diseño de nivel de sistemas electrónicos (ESL). Permite a los arquitectos de sistemas y desarrolladores de algoritmos innovar en la capa física (PHY) de los sistemas de comunicaciones inalámbricos y aeroespaciales / de defensa y proporciona un valor único a los implementadores de RF, DSP y FPGA / ASIC. Como plataforma dedicada para el diseño de ESL y la realización del procesamiento de señales, SystemVue reemplaza los entornos digitales, analógicos y matemáticos de uso general. SystemVue "habla RF", reduce el tiempo de desarrollo y verificación de PHY a la mitad y se conecta a su flujo EDA principal.”

SystemVue es un software muy completo que nos permite simular circuitos y obtener medidas de los esquemáticos, añadir diseños de componentes o circuitos creados a partir de ADS, exportar una señal generada dentro del programa al mundo real para realizar sus medidas correspondientes en los diferentes sistemas de medida, introducir un script de Matlab, generando, por ejemplo, una señal aleatoria, e implementar un VTB para que un diseñador de ADS pueda trabajar a partir de la señal creada, entre otras cosas.

Una vez definido el entorno, vamos a presentar como es el software en un inicio. En la figura 3.1. se observa la ventana que aparece de inicio, la cual nos da la bienvenida al programa permitiéndonos acceder como nuevos usuarios a varios tutoriales y videos que nos explican de forma básica las funciones que tiene este.

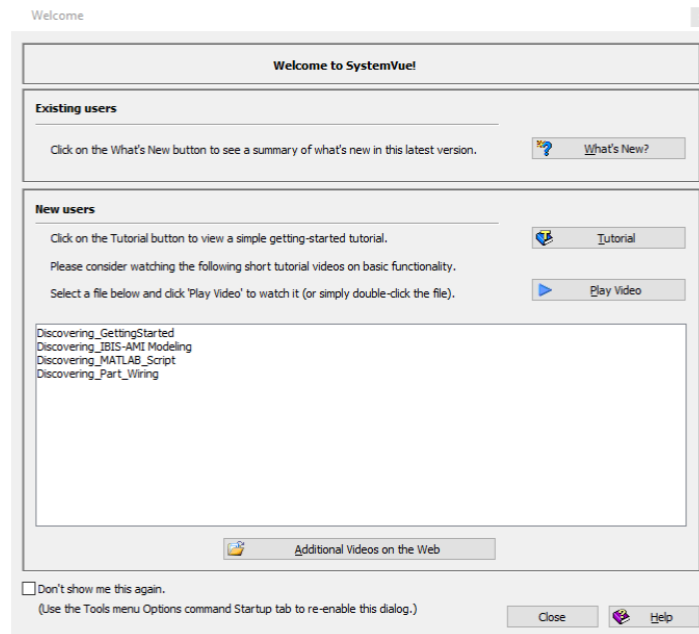


Figura 3. 1. Ventana emergente de bienvenida a SystemVue

Posteriormente, nos aparecerá otra ventana emergente, en la cual nos da la opción de abrir un archivo, en inglés workspace, ya creado anteriormente o empezar uno nuevo desde el principio.

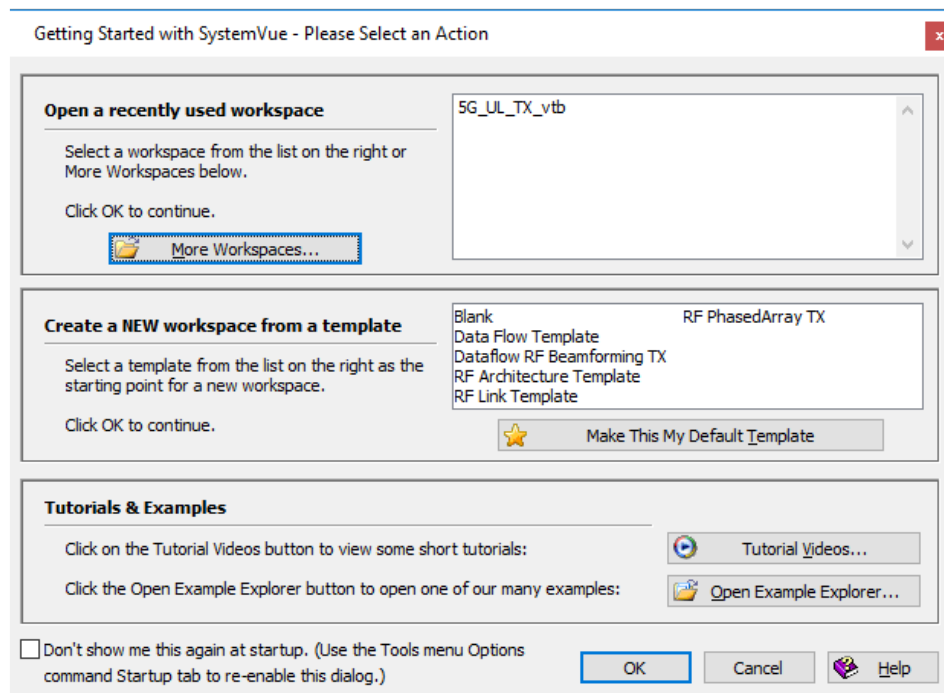


Figura 3. 2. Segunda ventana emergente SystemVue

Si por defecto clicamos al OK, nos generará un archivo nuevo como se puede observar en la figura 3.3:

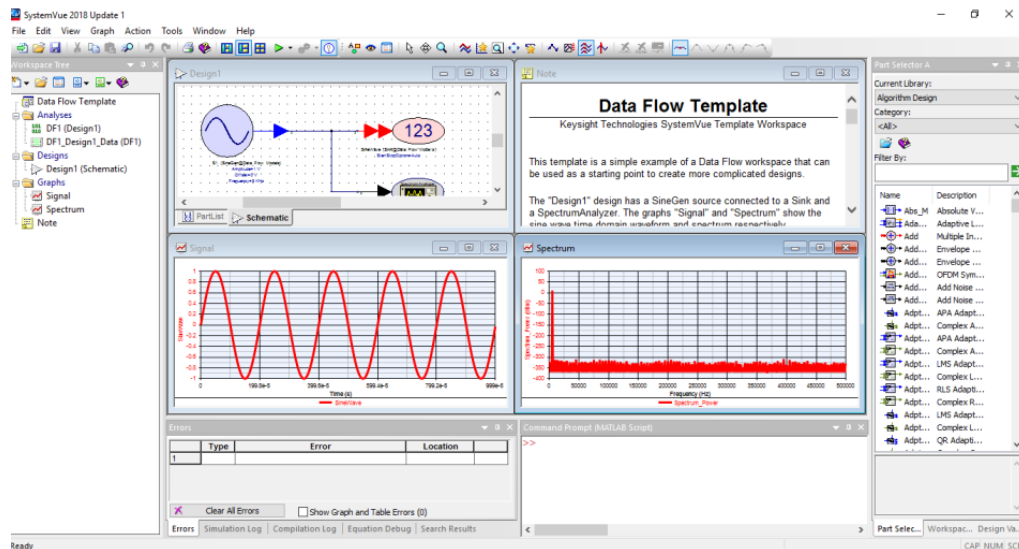


Figura 3. 3. Pantalla principal un nuevo proyecto en SystemVue

Las ventanas que nos aparecen por defecto de arriba abajo son las siguientes:

1. Diseño del esquemático/circuito
2. Representación de la señal generada
3. Ventana de errores en la simulación
4. Nota con un tutorial básico de cómo crear, añadir y simular. También es utilizado para definir el proyecto que se está llevando a cabo.
5. El espectro generado visualizado en el analizador de espectros.
6. Script de Matlab

3.2. Conceptos básicos

Para poder empezar a realizar nuestros primeros diseños debemos saber cómo se trabaja con SystemVue. Para ello, observando la figura 3.4

vemos que en la parte superior se encuentra la barra de herramientas, en ella, tenemos la opción de crear/abrir/guardar, simular el diseño, unir, desactivar/activar componente ya sea en abierto o cerrado, entre otras. muchas.



Figura 3. 4. Barra de herramientas SystemVue

Por otro lado, en la zona superior izquierda aparece un apartado llamado Workspace Tree, el cual visualizaremos con más hincapié en la figura 3.5.

En esta ventana se encuentra el subapartado Data Flow Template con sus respectivas carpetas:

- Carpeta análisis: Se guardan los archivos de datos
- Carpeta de diseños: se muestran todos los esquemáticos que vayamos a realizar.
- Carpeta de gráficas: se exponen las gráficas que queramos visualizar.
- Nota: se presenta un breve resumen del proyecto.

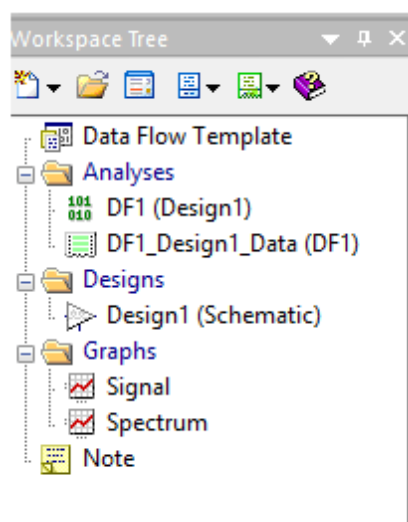


Figura 3. 5. Workspace Tree

En el caso de que se quiera crear una nueva gráfica, debemos añadir al esquemático el componente analizador de espectros e ir a design, clicar en el botón derecho, add graph, opción spectrum y escoger los datos que salen del analizador eligiendo además los ejes x e y.

Continuando con la figura 3.3, se puede diferenciar otro apartado en la parte derecha, el Part Selector, el cual recoge todos los dispositivos y elementos a integrar en nuestros circuitos. Se puede buscar cada componente por librerías o escribiendo en Filter By su respectivo nombre. En la figura 3.6. se visualiza esta ventana.

Por defecto, la librería de diseños de algoritmos con todas las categorías disponibles, pero podemos ir filtrando por librerías y por categorías los componentes que se vayan a implementar.

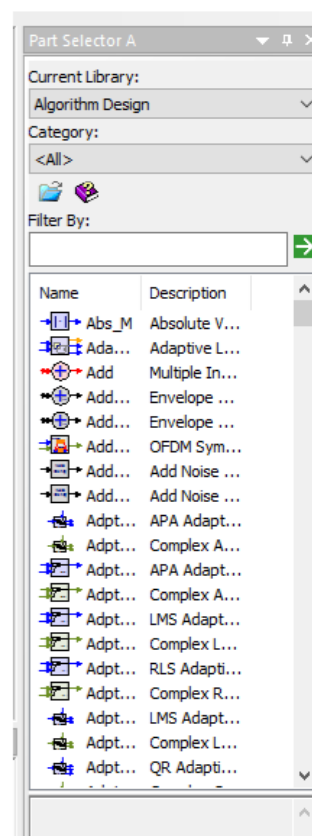


Figura 3. 6. Part Selector

Por último, haciendo hincapié en la ventana donde se encuentra el esquemático, se observan cuatro subapartados en la zona inferior izquierda que se mostrarán posteriormente en la figura 3.7:

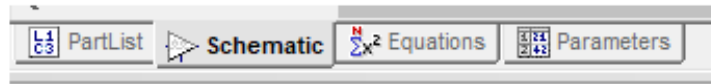


Figura 3. 7. Subapartados de la ventana del esquemático

El almacenamiento que nos encontramos en cada uno de estos cuatro subapartados es el siguiente y se desarrollarán en el capítulo 4:

- Partlist: Lugar donde se muestran los componentes utilizados
- Schematic: Ventana donde se almacena el circuito diseñado.
- Equations: Se almacenan todos los procesos internos y variables.
- Parameters: Se guardan las variables que llevaremos a ADS.

4. Programación 5G en SystemVue

4.1. A cerca de la fuente 5G

4.1.1. Introducción

Si clasificamos la fuente diseñada entre las ramas que abarca el estándar, entra dentro del entorno de las comunicaciones móviles, en la cual el usuario es el que transmite la señal 5G. Profundizando en el 5G NR tenemos dos grandes grupos diferenciados en el rango de frecuencias como comentamos a priori, siendo el primero, el FR1, el escogido para evolucionar

el LTE. En nuestro caso, puesto que comprende desde 410MHz hasta los 7125MHz, hemos escogido nuestra señal a la frecuencia de 1920MHz, la cual corresponde con el canal número 1 en el enlace ascendente.

4.1.2. Características 5G

Las características de la fuente 5G vienen determinadas por las aprobaciones del estándar [10].

En primer lugar, estudiando las tablas que nos proporciona la ETSI escogimos el canal 1 como referencia para ir desglosando las necesidades que debía de cumplir nuestro setup, como pueden ser la frecuencia de trabajo en el enlace ascendente, la potencia, modulación, etc.

Todo ello, está recogido en las siguientes tablas, las cuales comentaremos a continuación:

NR operating band	Uplink (UL) operating band BS receive / UE transmit $F_{UL_low} - F_{UL_high}$	Downlink (DL) operating band BS transmit / UE receive $F_{DL_low} - F_{DL_high}$	Duplex Mode
n1	1920 MHz – 1980 MHz	2110 MHz – 2170 MHz	FDD
n2	1850 MHz – 1910 MHz	1930 MHz – 1990 MHz	FDD
n3	1710 MHz – 1785 MHz	1805 MHz – 1880 MHz	FDD
n5	824 MHz – 849 MHz	869 MHz – 894 MHz	FDD
n7	2500 MHz – 2570 MHz	2620 MHz – 2690 MHz	FDD
n8	880 MHz – 915 MHz	925 MHz – 960 MHz	FDD
n12	699 MHz – 716 MHz	729 MHz – 746 MHz	FDD
n20	832 MHz – 862 MHz	791 MHz – 821 MHz	FDD

Tabla 1. UE channel bandwidth y SCS

	NR band / SCS / UE Channel bandwidth												
NR Band	SCS kHz	5 MHz	10 ^{1,2} MHz	15 ² MHz	20 ² MHz	25 ² MHz	30 MHz	40 MHz	50 MHz	60 MHz	80 MHz	90 MHz	100 MHz
n1	15	Yes	Yes	Yes	Yes								
	30		Yes	Yes	Yes								
	60			Yes	Yes	Yes							
n2	15	Yes	Yes	Yes	Yes								
	30		Yes	Yes	Yes	Yes							
	60			Yes	Yes	Yes							
n3	15	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes					
	30			Yes	Yes	Yes	Yes	Yes					
	60			Yes	Yes	Yes	Yes	Yes					
n5	15	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes							
	30		Yes	Yes	Yes	Yes							
	60			Yes	Yes	Yes							
n7	15	Yes	Yes	Yes	Yes								
	30			Yes	Yes	Yes							
	60			Yes	Yes	Yes							
n8	15	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes							
	30		Yes	Yes	Yes	Yes							
	60												
n12	15	Yes	Yes	Yes									
	30			Yes	Yes								
	60												
n20	15	Yes	Yes	Yes	Yes								
	30			Yes	Yes	Yes							
	60												

Tabla 2. Rango de frecuencias para los diferentes canales

NR band	Class 1 (dBm)	Tolerance (dB)	Class 2 (dBm)	Tolerance (dB)	Class 3 (dBm)	Tolerance (dB)
n1					23	± 2
n2					23	$\pm 2^3$
n3					23	$\pm 2^3$
n5					23	± 2
n7					23	$\pm 2^3$
n8					23	$\pm 2^3$
n12					23	$\pm 2^3$
n20					23	$\pm 2^3$

Tabla 3. Potencia y tolerancia de los canales

Como se puede comprobar, la fuente diseñada tendrá las siguientes características para el canal 1:

- Una frecuencia en el enlace ascendente de 1.92-1.98GHz.
- Modo duplex FDD.
- Un ancho de banda de 5MHz.
- Una potencia de 23dBm en clase 3 y con una tolerancia de 2 dB.

Siguiendo con el estándar se puede corroborar que la modulación llevada a cabo es CP-OFDM QPSK y se están investigando otras para líneas futuras [11].

4.2. Programación de la fuente

4.2.1. Componentes

En primera instancia, para llevar a cabo nuestro diseño, se han de conocer previamente los componentes empleados:

1. Fuente de datos: nos genera series de 1s y 0s aleatorios.

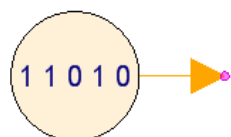


Figura 4. 1. Componente DataPattern

2. Fuente adaptada a 5G: Señal aleatoria en banda base con la configuración correspondiente a 5G. Para ello, hemos escogido el componente con la fuente LTE y le hemos cambiado los parámetros para transformarla y modificarla en una fuente 5G.

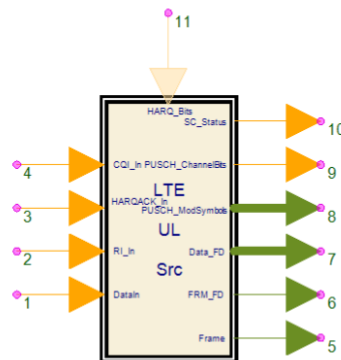


Figura 4. 2. Componente LTE_UL_Src Modificado

3. Convertidor: Convierte la señal compleja en real e imaginaria (Modo Rectangular).

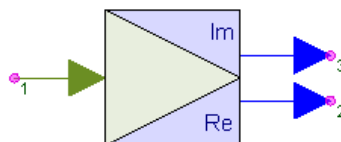


Figura 4. 3. Componente CxToRect

4. Modulador: Se modula la señal pasando de banda base a alta frecuencia a través de un oscilador.

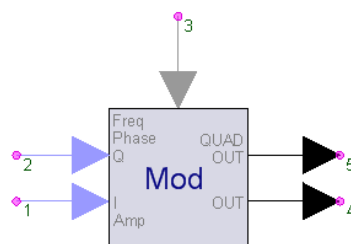


Figura 4. 4. Componente Modulator

5. Oscilador: Muestra la frecuencia a la cual se quiere modular la señal.

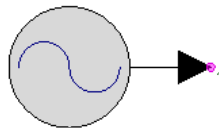


Figura 4. 5. Oscilador local

6. SVE-Link: Componente que nos permite interactuar con ADS a través del VTB, su configuración la veremos posteriormente.



Figura 4. 6. Componente SVE_Link

7. Analizador de espectros: Nos ofrece una muestra de la señal que se va a enviar o bien, la gráfica de la señal enviada respecto a la amplificada.

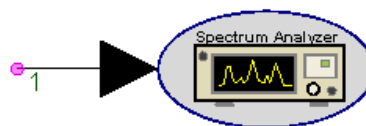


Figura 4. 7. Componente Spectrum Analyzer

8. Datos de salida: Componente que nos recoge los datos de salida en una variable, nos ayuda a conocer si nuestro sistema está funcionando correctamente, además de comparar los resultados de entrada y salida.

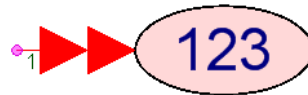


Figura 4. 8. Componente Sink

Una vez conocidos los ocho componentes para llevar a la práctica el diseño de la fuente, los cuales conllevan sus respectivas configuraciones que comentaremos posteriormente, se puede presentar la siguiente figura 4.9 con las uniones específicas en cada caso para llevar a cabo una correcta simulación.

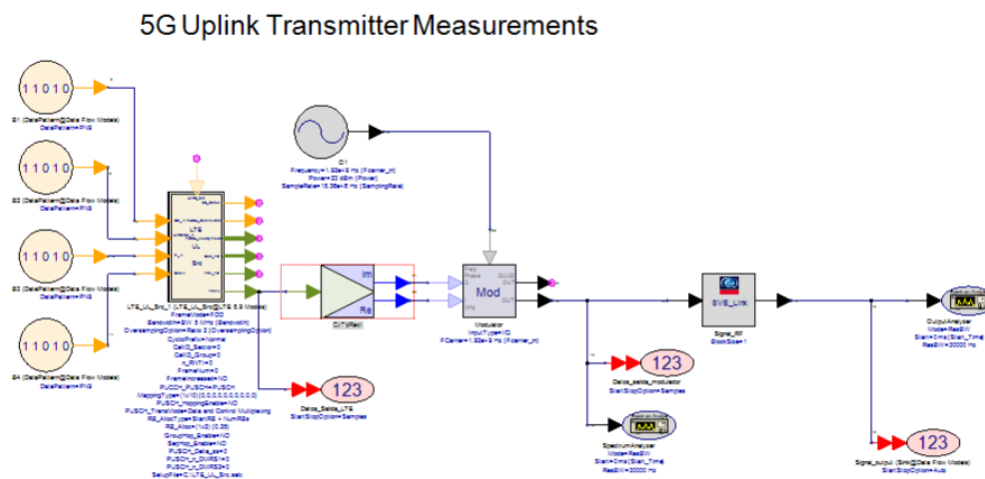


Figura 4. 9. Diseño Setup 5G

Además, en la ventana del esquemático, en la parte inferior izquierda se muestra un subapartado con nombre Partlist que contiene el listado en orden de todos los componentes utilizados en el esquemático. Finalmente

entrando a valorar las flechas que lleva cada uno de los componentes, se puede llevar a cabo una clasificación en función del color:

- Flecha color Azul: Nos da una idea de que la señal está en banda base. Si es doble es que los datos van en paralelo.
- Flecha Color Negro: Estamos ante la envolvente de una señal de RF.
- Flechas Color Rojo: Flujo de datos que se están transmitiendo.

4.2.2. Configuración de la fuente

Presentado el esquemático, cabe destacar las principales configuraciones que hemos realizado en algún que otro componente.

Clasificando las variaciones llevadas a cabo de más a menos importantes, empezaremos por la fuente LTE. Para ello, siguiendo las características recogidas del estándar hemos ajustado el componente a nuestra fuente 5G como se observar en la figura 4.10.

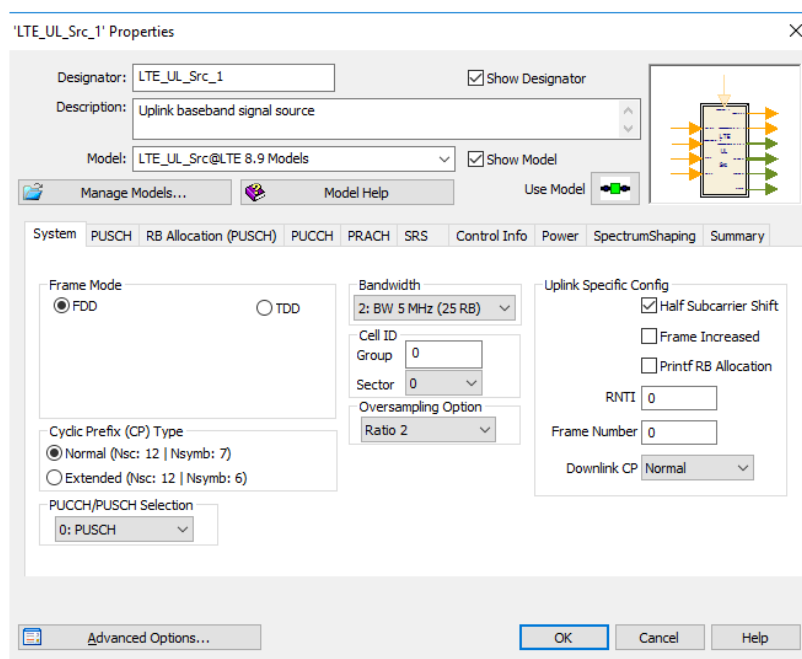


Figura 4. 10. Configuración fuente 5G

En la figura 4.10 se puede observar el modo FDD, la modulación con prefijo cíclico, el ancho de banda y el ratio de sobre muestreo. Además, podemos añadir procesos de sincronización (PRACH) e información de control del canal ascendente (PUCCH).

En segundo lugar, ajustamos la frecuencia en el modulador y en el oscilador. Se visualiza en la figura 4.11 como tanto la frecuencia como la potencia están declaradas como variables, las cuales se explicarán con detalle posteriormente.

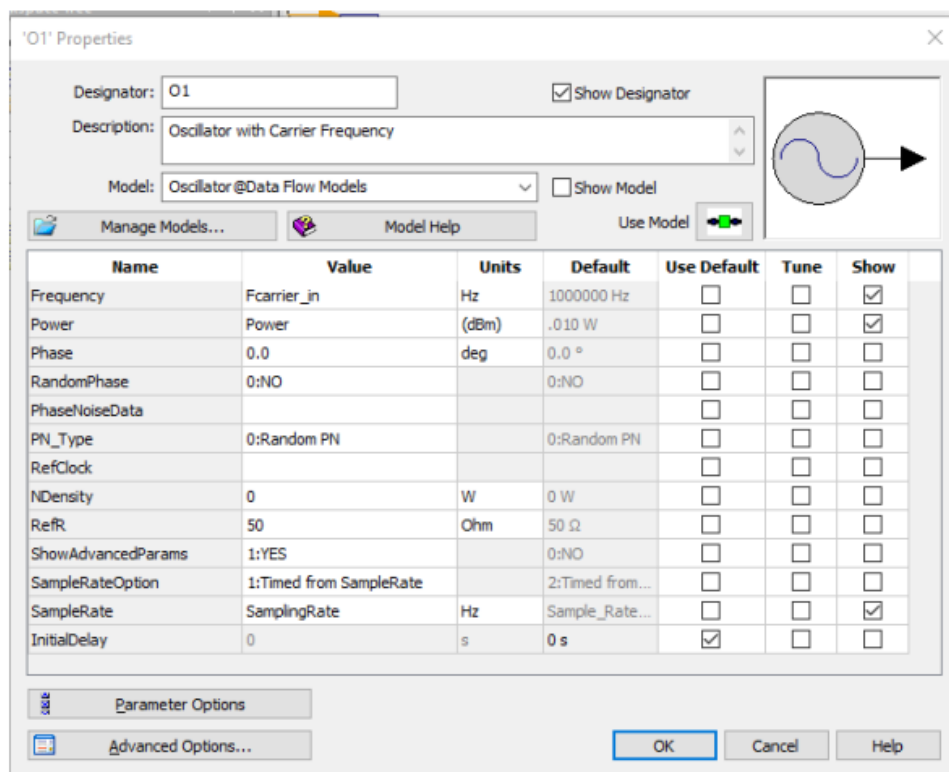


Figura 4. 11. Configuración del oscilador

Por último, configuramos el SVE_Link, para poder trasladarlo a ADS de manera eficiente, explicándolo más adelante, en el capítulo 5.

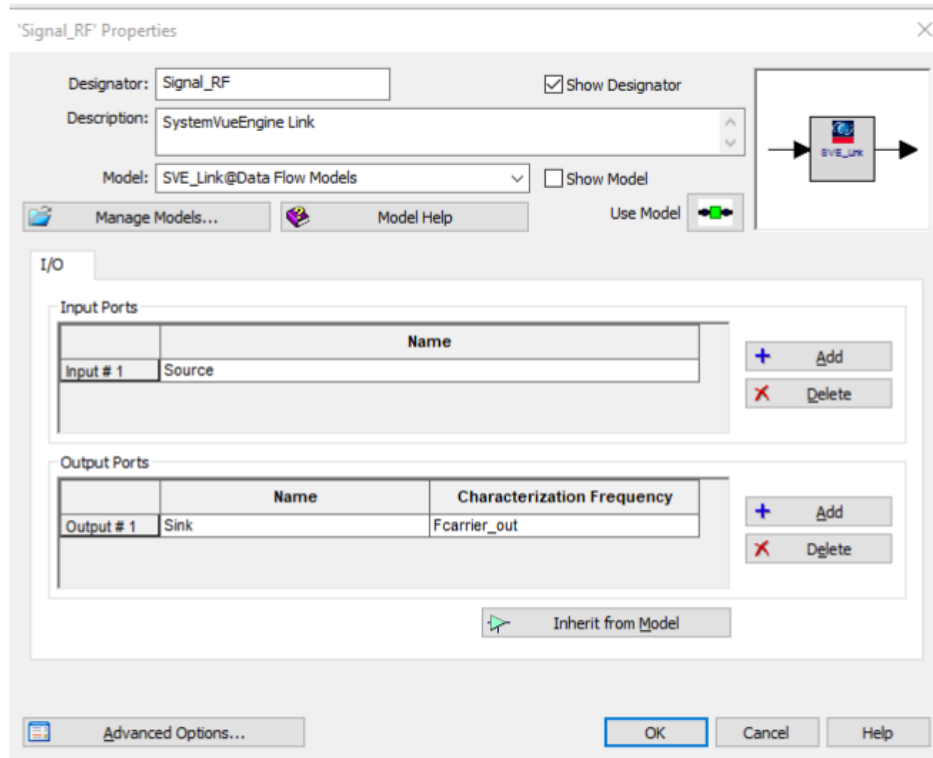


Figura 4. 12. Configuración SVE_Link

4.2.3. Variables y ecuaciones del entorno

En cuanto a las variables y ecuaciones, se debe destacar la labor fundamental que llevan para que el diseño funcione correctamente.

Por un lado, profundizando en los parámetros, hemos declarado la frecuencia de entrada y salida, la potencia de la fuente, el ancho de banda y el sobre muestreo, el cual está calculado a través de las ecuaciones que veremos en la figura 4.13.

En dichas ecuaciones se calcula el muestreo que va a tener nuestra señal y depende tanto del ancho de banda que escojamos como del ratio de sobre muestreo, entre otras variables.

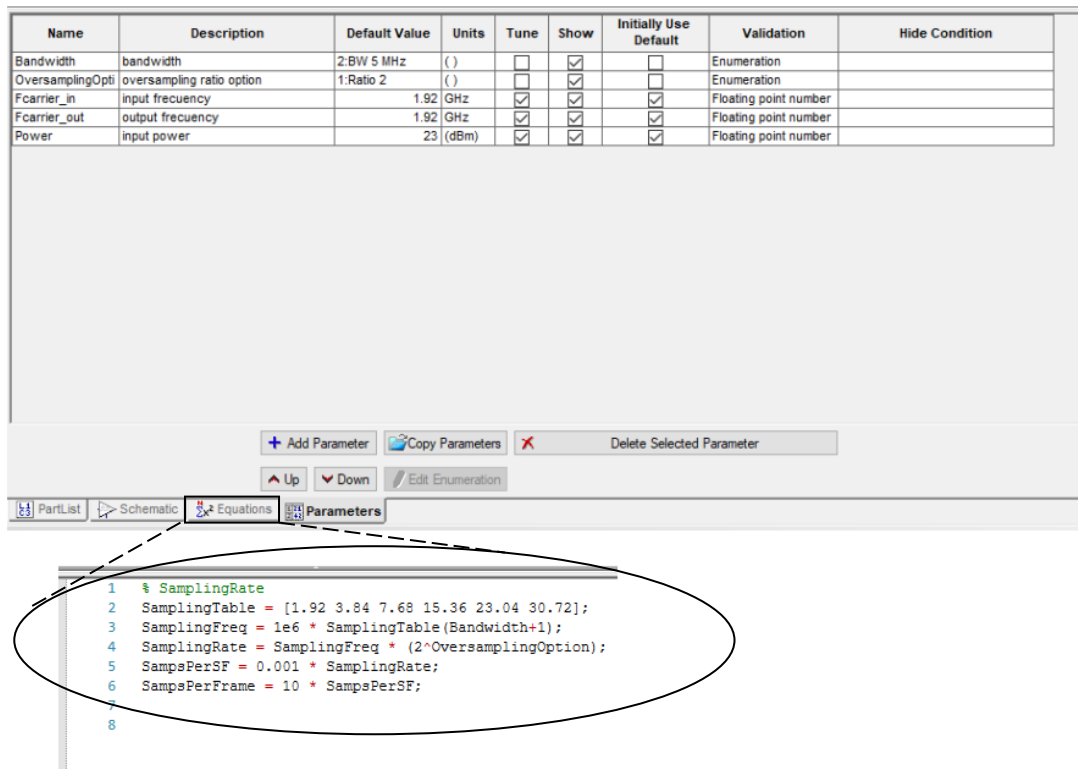


Figura 4. 13. Parametros y ecuaciones del entorno

Estos parámetros, al estar declarados variables, se podrán cambiar posteriormente en el propio esquemático de SystemVue e incluso en ADS, cuando llevemos la fuente con el VTB, aunque por defecto aparecerán los valores marcados, una frecuencia de entrada y de salida de 1.92GHz correspondiente al canal 1 y una potencia de 23dBm como nos indicaba el estándar, aunque como queremos probar amplificadores deberemos bajarla.

5. Generación VTB

5.1. Pasos para llevar el VTB-ADS

Una vez creado el diseño de la fuente, debemos añadir el SVE_Link al esquemático y conectarlo dependiendo del punto donde se vaya a insertar o

medir el sistema o componente, en este caso después del modulador, pero se pueden hacer uso de el en cualquier lado, ya sea para diseñar un amplificador específico, un mezclador, etc.

Al hacer doble clic en el componente se nos abre una ventana que corresponde con la figura 4.12, en la cual se añaden los parámetros de entrada y salida que se necesiten. Particularmente, hemos agregado a la entrada la señal(fuente), en inglés source, y a la salida la señal que vendrá de ADS, en inglés sink, con su respectiva frecuencia de salida.

Además de esto, en opciones avanzadas debemos definir las propiedades propias del VTB, tanto la frecuencia de entrada como el muestreo. De esta manera, cuando lo traspasemos a ADS no tendremos ningún problema de sincronización ni resultados erróneos.

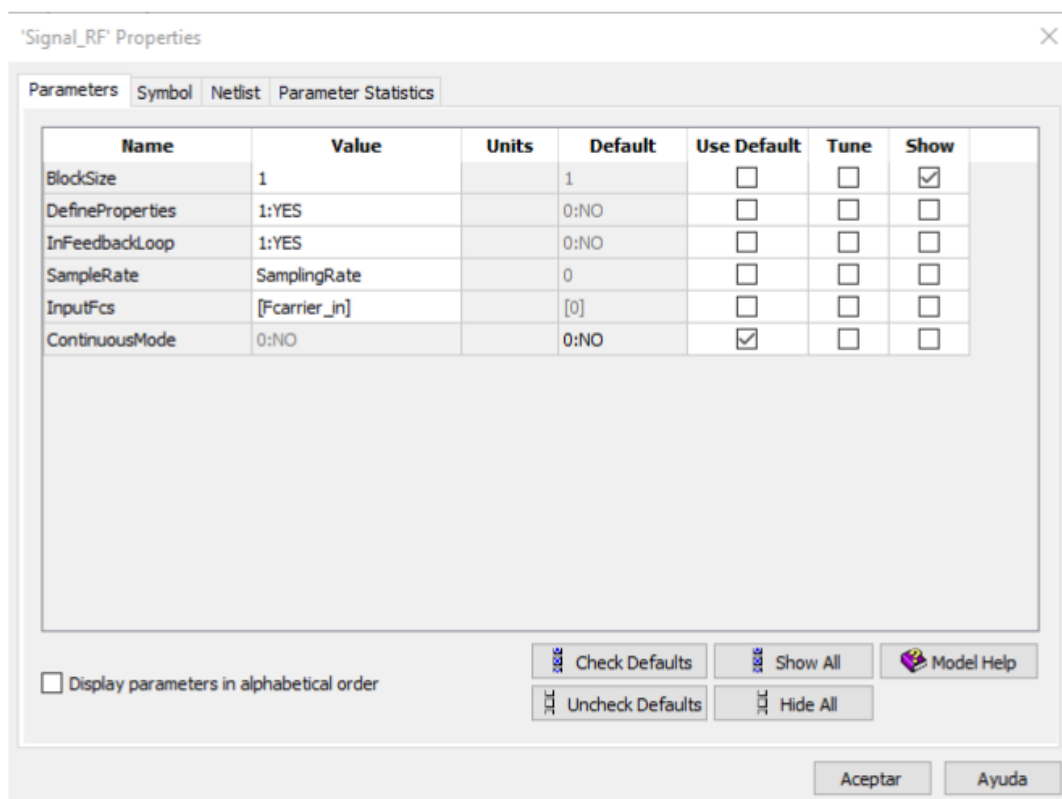


Figura 5. 1. Opciones Avanzadas SVE_Link

Una vez configurados estos parámetros, debemos validar el workspace con el VTB incluido. Para ello, hay que ir a Action → Validate workspace for SystemVue, y en el caso de ser correcto, nos aparecerá una nota como se muestra en la figura 5.2.

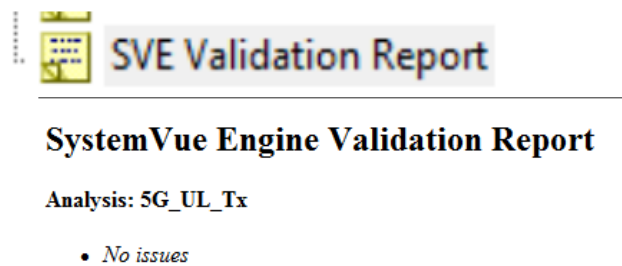


Figura 5. 2. Validación SVE - VTB

Para visualizar el espectro antes de pasarlo al SVE y formar el VTB, previamente debemos deshabilitar el componente como veremos en la figura 5.3, simular para formar el flujo de datos y posteriormente volver a habilitar el SVE y guardar el workspace. De esta manera conoceremos como es la señal que vamos a enviar y sin errores al transmitirla.

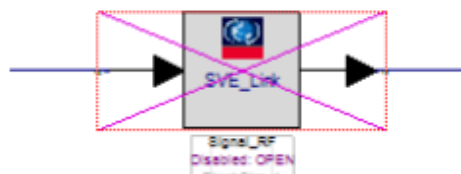


Figura 5. 3. Deshabilitar SVE_Link con un abierto

Por último, para poner en práctica ambos programas simultáneamente hay que comprobar que son compatibles, más concretamente, se debe chequear la figura 5.4.

ADS Version	SystemVue Version
2016.01	2015.01
2017	2016.08
2017 Update 1	2018
2019	2018
2019 Update 1	2018 Update 1
2020	2018 Update 1

Figura 5. 4. Compatibilidad de las versiones de ADS y SystemVue

5.2. Configuración en ADS

Una vez finalizados los pasos previos en SystemVue, ejecutamos el programa ADS y agregamos nuestro diseño VTB como si fuese una librería.

Para ello, cada vez que se crea un nuevo proyecto o workspace se implanta una librería por defecto, por lo que es esta la que se utiliza para añadir el virtual test bench. Con el proyecto ya creado, pinchamos en la pestaña Library View de la página principal y con el botón derecho clicamos la librería que lleva el mismo nombre que nuestro workspace. Nos aparece el desplegable que se muestra en la figura 5.4 y pulsamos en configurar librería.

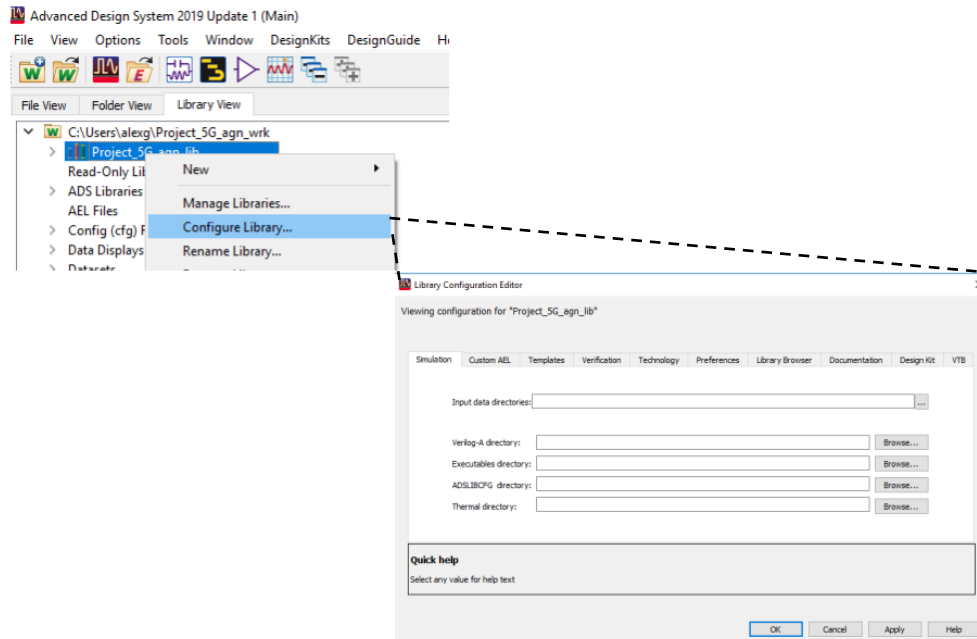


Figura 5. 5. Configuración librería

En la figura se muestran varias pestañas, entre ellas la pestaña del VTB, nos dirigimos exclusivamente a ella y seleccionamos e importamos el path del archivo creado en SystemVue 5G_UL_TX_vtb.wsv.

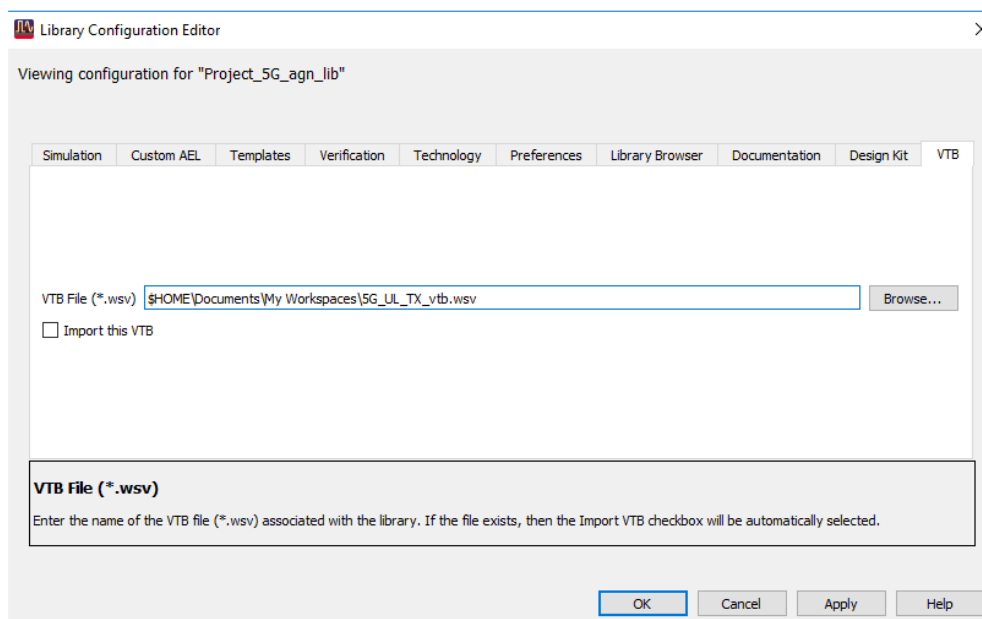


Figura 5. 6. Importación VTB

Pulsamos OK y ya tenemos nuestro VTB listo para ser utilizado. En la pestaña Folder View veremos cómo nos aparece el VTB como símbolo.

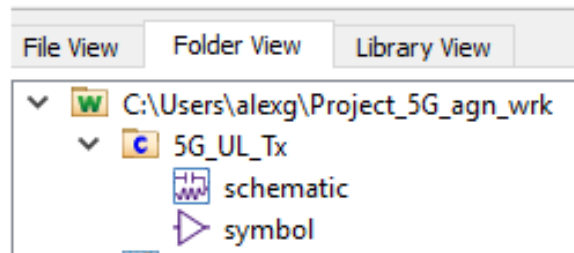


Figura 5. 7. Folder View

5.3. Testear componentes RF

Ahora que ya se ha configurado el entorno de ADS para poder manejar nuestro VTB, podemos testear nuestro primer componente, un amplificador comercial.

En primer lugar, hemos de implementar un nuevo esquemático, al cual hay que añadirle buscando entre los componentes el VTB correspondiente a nuestro diseño de SystemVue, lleva el nombre de 5G_UL_TX.

Por otro lado, se ha buscado un amplificador comercial comprendido entre la frecuencia de 500MHz hasta 8000MHz en la página de minicircuits, al que añadiremos su anexo posteriormente. A continuación, se ha descargado el archivo que contiene los parámetros S del propio componente y se ha guardado en la carpeta data del proyecto de ADS.

Una vez buscado el amplificador, elaboramos un esquemático para comprobar su comportamiento. Para llevarlo a cabo, hemos añadido el DAC, el cual, nos permite cargar el archivo de parámetros S y así, posteriormente configurar el amplificador ideal.

A continuación, como se ha comentado anteriormente, configuramos el amplificador ideal para convertirlo en un amplificador comercial, figura 5.7.

Para llevar esto a la práctica, debemos incluir la figura de ruido (NF) y la ganancia de compresión (P1dB), además de los parámetros S reales, los cuales se añaden con la opción en el modo de entrada de parámetros basados en un archivo y se nos abre un desplegable para añadir el DAC1. Posteriormente se van añadiendo con corchetes y comas los parámetros S.

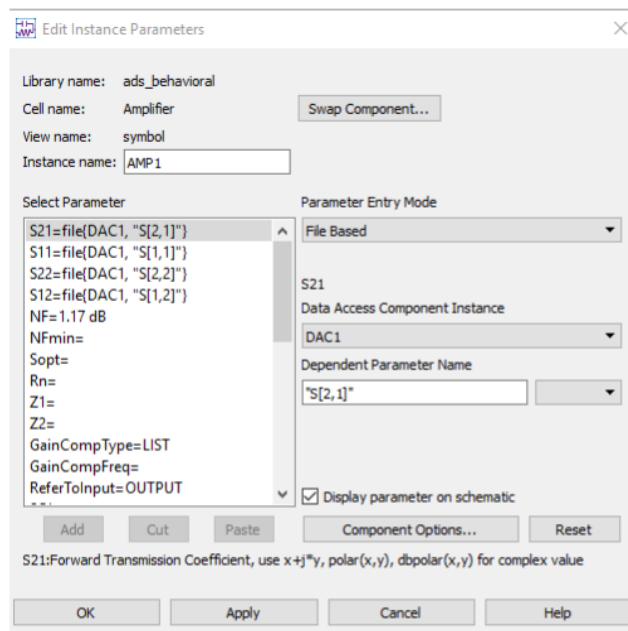


Figura 5. 8. Editar parametros para convertirlo en un Amplificador

Una vez configurado, realizamos un barrido en frecuencia para comprobar el funcionamiento de nuestro amplificador. Como resultado al análisis, nos aparece una ganancia a los 1.92GHz de 27.82dB y una adaptación a la entrada de -15.87dB.

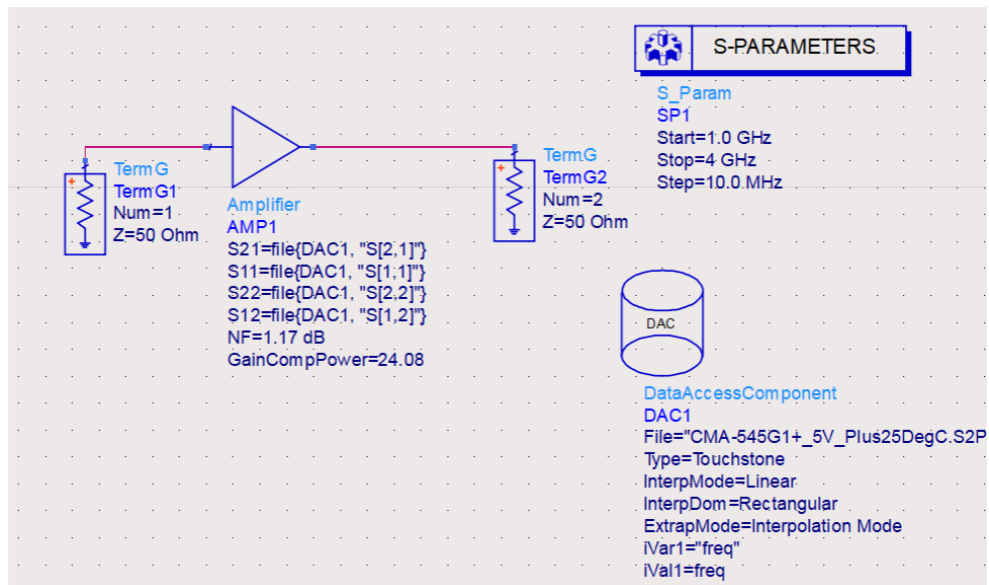


Figura 5. 9. Análisis en frecuencia del amplificador

Y como resultado, gráficamente obtenemos la siguiente imagen, un barrido en frecuencia de los parámetros $S(2,1)$ y $S(1,1)$.

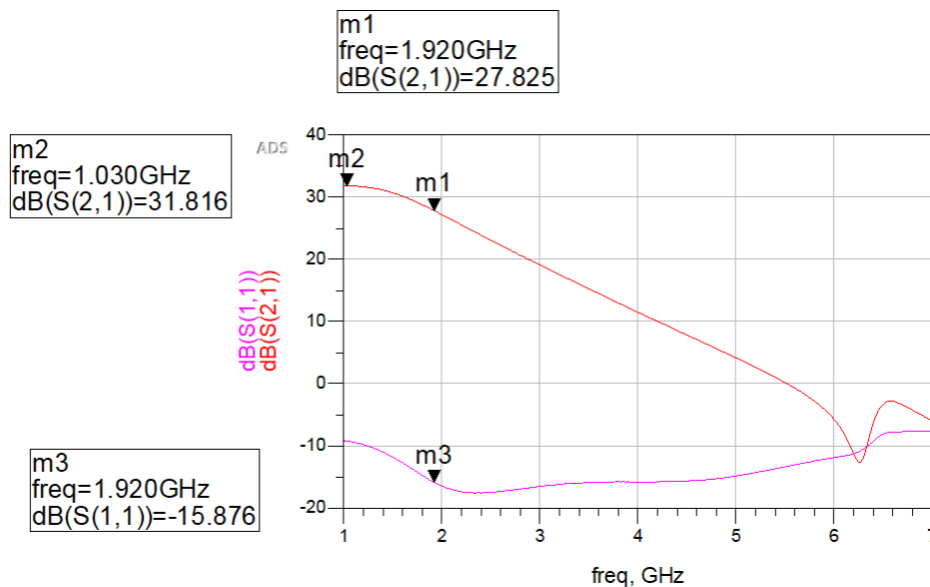


Figura 5. 10. Resultados parametros S (2,1) y S (1,1)

En segundo lugar, abrimos un nuevo esquemático para introducir el amplificador comercial que hemos estudiado su comportamiento anteriormente y el VTB de nuestro proyecto, y lo colocamos de la siguiente manera.

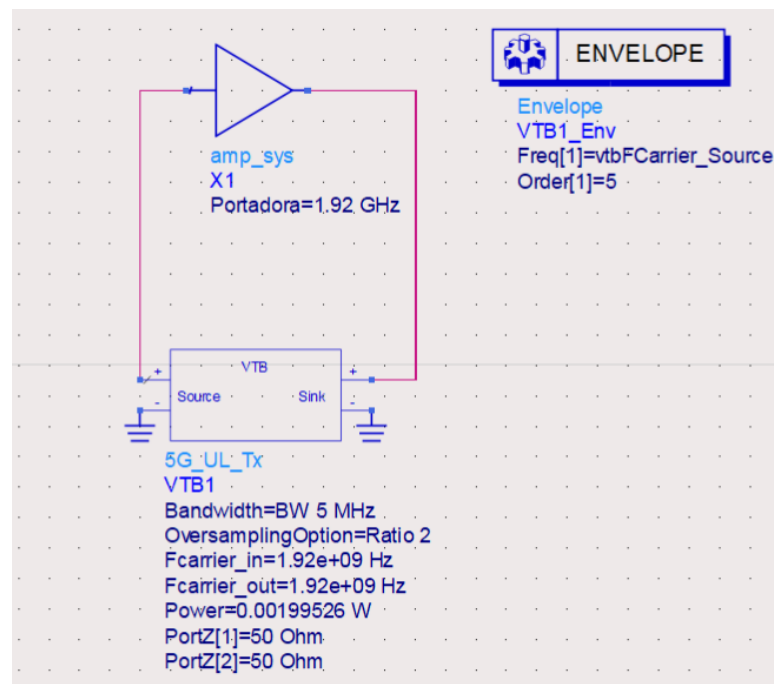


Figura 5. 11. Esquemático con el VTB y el amplificador comercial

Como se puede observar, para simular el circuito se debe insertar el controlador a la frecuencia de entrada de la fuente generado a partir del VTB. Por otro lado, es importante destacar que debido a que la potencia generada en la fuente y a la potencia de saturación del amplificador, a efectos del P1dB estaba comprimiendo demasiado y los resultados no convergían, por lo que hemos optado por variar la potencia de saturación del amplificador comercial a 34.08 en un principio e ir estudiando los comportamientos obtenidos. Además, dando un paso más vamos a estudiar el funcionamiento del esquemático con diferentes componentes:

- Componentes activos: Amplificador en lineal sin P1dB y Amplificador con P1dB.
- Un componente pasivo: una resistencia de 50 Ohmios.

En la siguiente figura 5.12 vemos el subcircuito con el amplificador comercial con la potencia de saturación ya cambiada a 34.08.

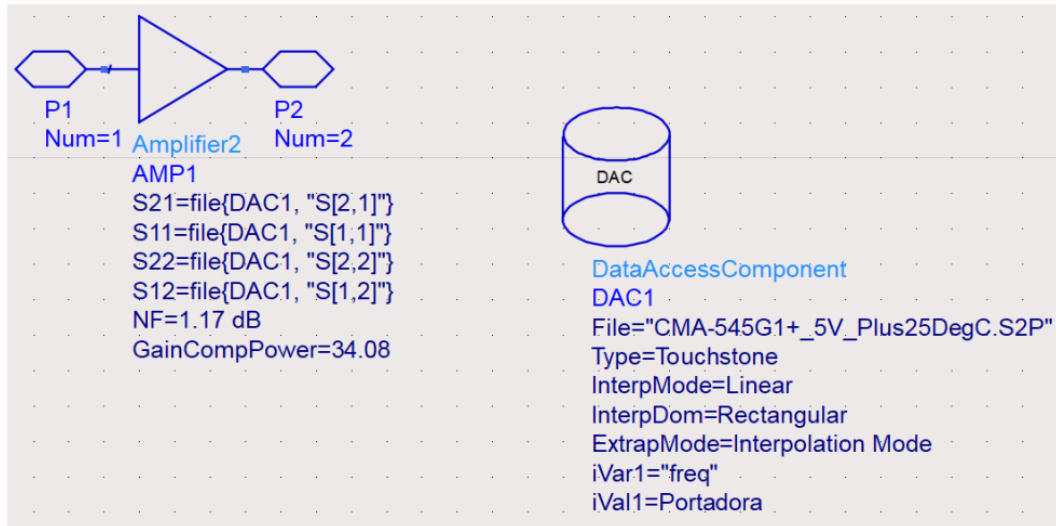


Figura 5. 12. Subcircuito del amplificador comercial con la potencia de saturación = 34.08

Como resultado de esta simulación en estas condiciones obtenemos la siguiente gráfica:

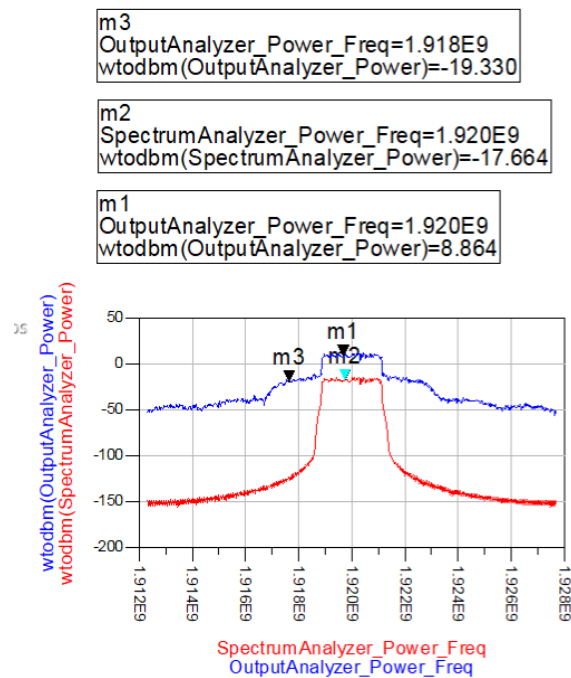


Figura 5. 13. Resultados primera simulación

Además de la anterior imagen, hemos realizado un estudio del ACPR que genera nuestra señal una vez pasada por el amplificador, a través de una plantilla de prueba de VTB.

Para comparar el ACPR se van comparando las potencias de cada canal de manera que nos calcula el ACPR para el primer canal adyacente arriba y abajo, y para el siguiente a este, que será el canal de guarda del siguiente canal a transmitir. Siguiendo el estándar si tenemos un ancho de banda de 5MHz el canal adyacente se encontrará a 4.55MHz y al ser de clase 3, nos deberá llegar un ACPR menor a -30dB para que el sistema funcione correctamente sin interferir a otros canales.

Como se puede observar en la siguiente figura 5.14, el ACPR que obtenemos en el canal inferior adyacente es de -18.260dB, en el superior adyacente -18.391dB, prácticamente parecidos, al igual que en el canal superior y el inferior siguiente al adyacente es de aproximadamente -34.211dB.

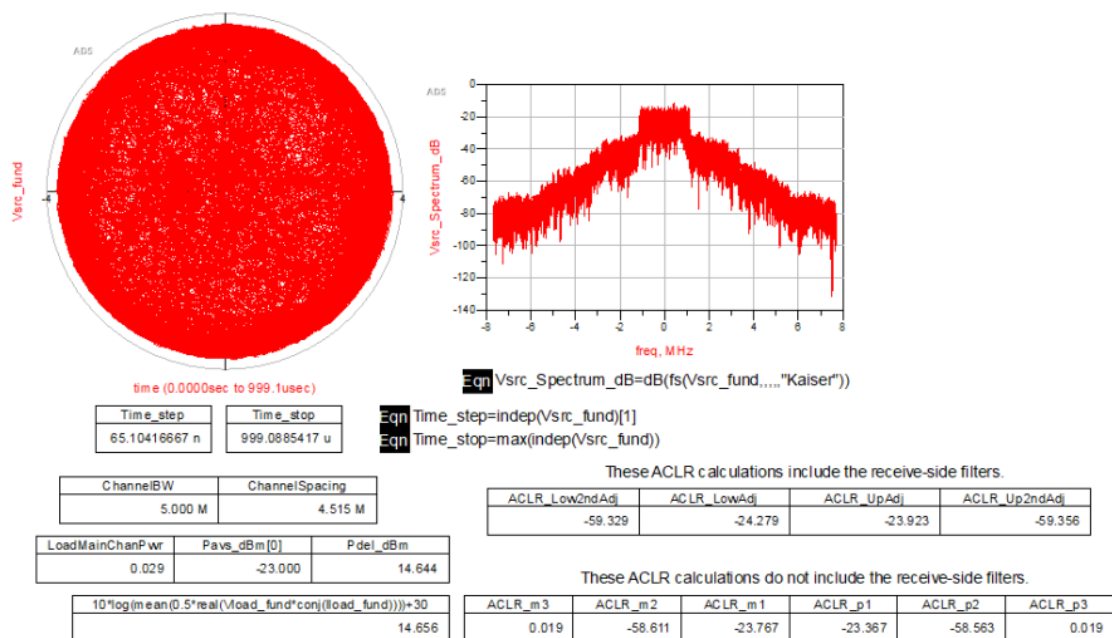


Figura 5. 14. Cálculo del ACPR

Como conclusión vemos que se obtiene una ganancia de 30.57 dB en la banda que nos interesa. Además, se puede visualizar como en la señal de color rojo, equivalente a la señal de entrada, es una señal limpia que sale del modulador. En cambio, la señal azul que corresponde a la señal de salida está sometido a ruido proporcionado por el propio sistema.

Otro rasgo característico que podemos sacar de la figura 5.13 es que podemos visualizar su ACPR, la diferencia de potencia que hay entre el canal de interés y el canal adyacente, aunque es en la figura 5.14 en la que se ve realmente cuanto es. Este parámetro variará en función de los productos de orden 3, por lo que si queremos tener un buen ACPR deberemos configurar la fuente con una potencia de entrada que, junto a la ganancia del amplificador, no se acerque al P1dB. En cambio, si la salida se acerca al P1dB, se comprimirá y empezarán a subir en potencia las bandas laterales. Por lo que es una característica muy útil para validar los circuitos que diseñemos.

Por otra parte, siguiendo con la simulación del amplificador comercial, pero ahora eliminando el P1dB, estudiamos cómo se comporta dicho componente:

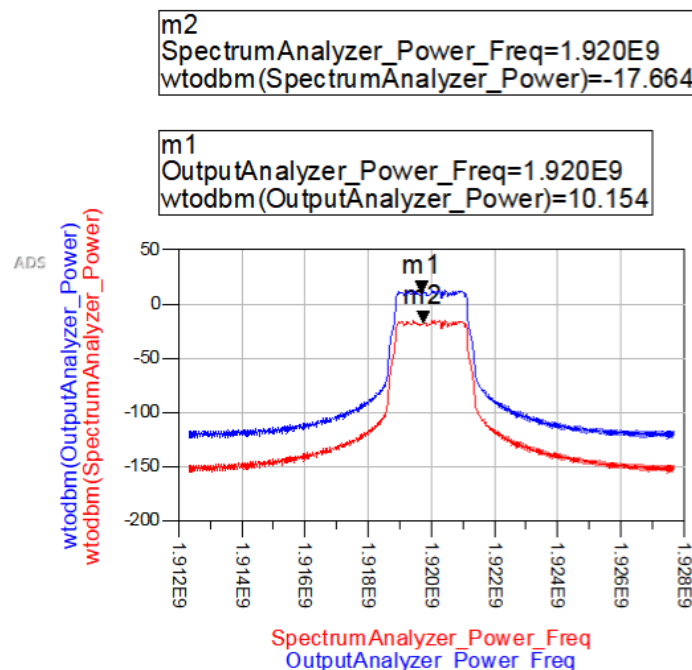


Figura 5. 15. Resultado amplificador sin P1dB

Conviene subrayar como la ganancia es prácticamente la misma pero lo que cambia es que ahora nuestro ACPR es muy bueno, la diferencia con el canal adyacente es insignificante debido a que hemos eliminado el P1dB, por lo tanto, no se comprime.

Por último, si quitamos el amplificador y colocamos un componente pasivo como puede ser una resistencia de 50 Ohmios tal y como vemos en la figura 5.15:

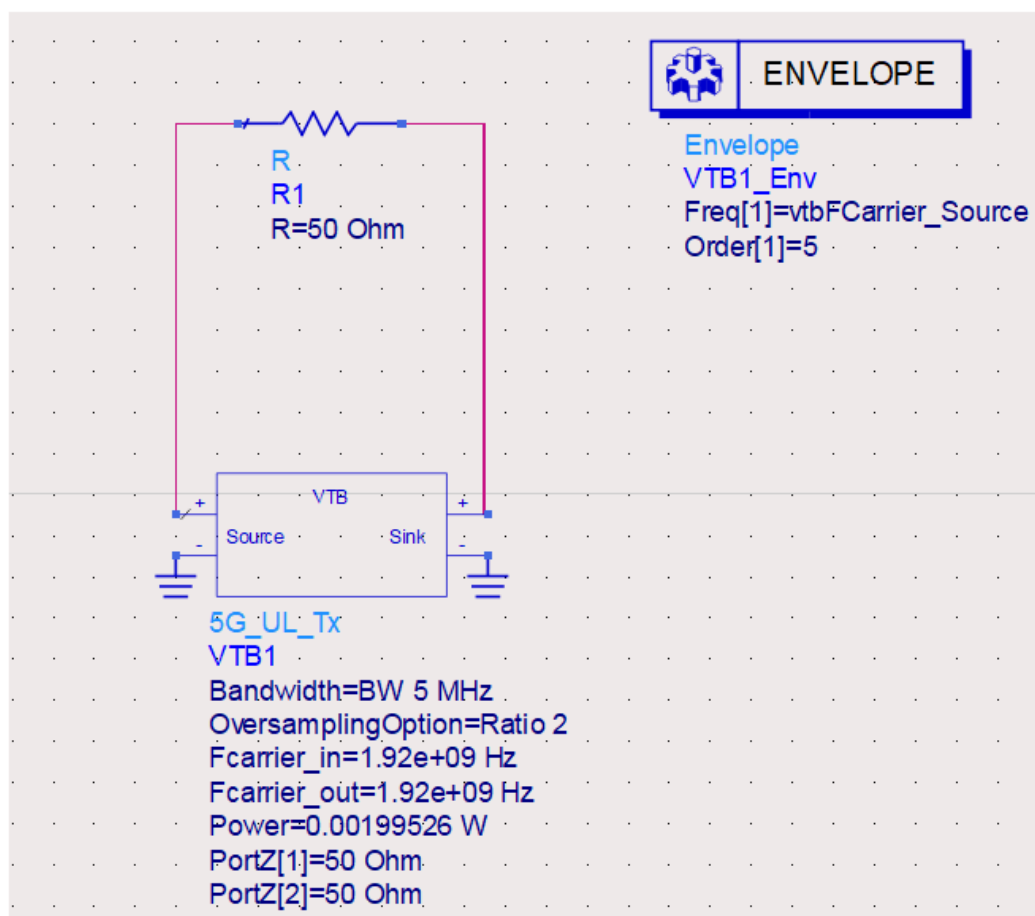


Figura 5. 16. VTB con una resistencia de 50 Ohmios

Como resultado de la simulación obtenemos una señal muy parecida a la de entrada, pero atenuada unos dB debido a la resistencia y más ruidosa:

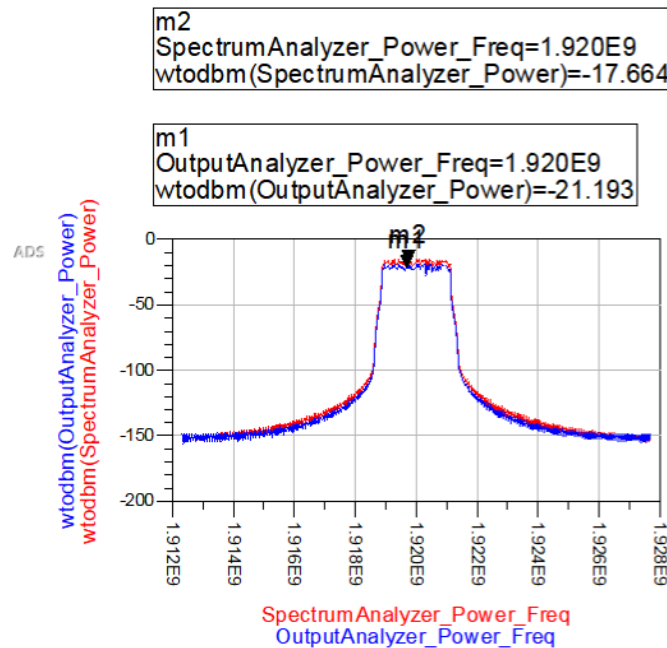


Figura 5. 17. Resultados con un componente pasivo: Resistencia

6. Cosim en SystemVue

6.1. ¿Para qué sirve?

Para demostrar el potencial que llega a tener SystemVue nos disponemos a presentar otro tipo de simulación que se desarrolla con una idea similar al VTB, pero en este caso, a la inversa, sin salir del propio entorno.

La idea es utilizar el cosimulador que contiene SystemVue para realizar una llamada al circuito diseñado de ADS para que lo simule y nos devuelva

los resultados obtenidos para ser estudiados dentro del software o trasladarlos con un VSA al exterior, llevando a la práctica el diseño creado para realizar medidas o probar otros componentes reales.

6.2. ¿Cómo se utiliza y se configura en SystemVue?

Basándonos en el esquemático utilizado para el VTB, nos disponemos a adaptarlo al nuevo cosimulador. Para ello, necesitamos el componente ADSCosimBlock que encontramos en la siguiente figura:



Figura 6. 1. Componente ADSCosimBlock

Este componente va a almacenar la señal de entrada en su memoria, va a realizar la llamada a ADS y nos va a devolver los resultados a la salida y los almacenará en su memoria de nuevo. Para ello, a la hora de simular, es importante remarcar, el modelo de ADS Cosim que se debe escoger ya que hay tres opciones, y cada uno se utiliza para una función diferente. En nuestro caso, hemos escogido el modelo ADSCosimBlockEnv, debido a que vamos a enviar la envolvente de una señal.

Ahora bien, este componente ofrece dos opciones diferentes para invocar al programa de ADS. La primera opción es recomendable utilizarla hasta que el diseño de ADS funcione correctamente porque hay que invocar directamente el diseño. Para llevar a cabo este método, hay que marcar la opción "InvokeADS: No" y añadir comprimido el diseño de ADS con la extensión .7zads a la carpeta donde se guarda el workspace de SystemVue. Posteriormente, dirigirse a ADS y simularlo, y si es correcto volver a SystemVue para simular el esquemático. De esta manera, puedes diseñar,

realizar los cambios necesarios y verificar el diseño hasta que funcione como se desee.

Posteriormente, una vez solucionados los problemas en ADS, podemos invocar directamente desde SystemVue el diseño, y así facilitar y establecer una comodidad añadida al usuario que este simulando el esquemático. Para ello, se debe activar la opción “InvokeADS: Yes”, la cual nos desplegará tres apartados más, pero se rellenarán sólo los dos primeros de la siguiente manera:

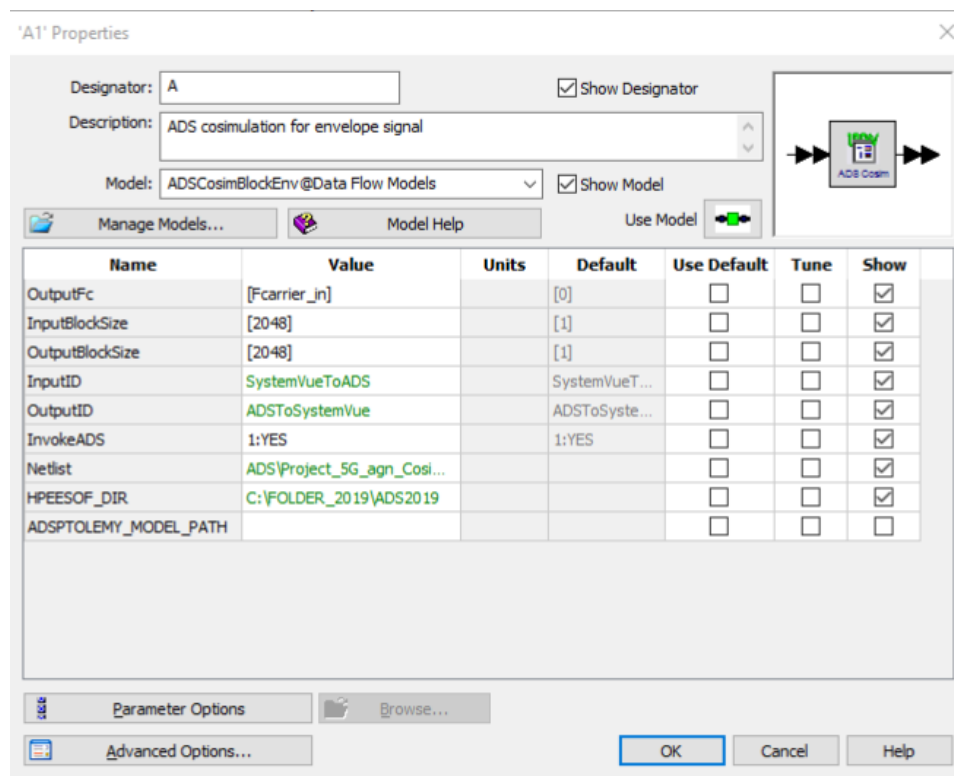


Figura 6. 2. Propiedades para invocar el archivo de ADS

Para configurar el apartado Netlist, debemos ir al archivo de ADS donde hemos guardado el diseño que queremos simular, y en la barra de herramientas, pulsar en “simulate” y “generate netlist” para generar un netlist. Automáticamente nos genera un archivo .log que guardaremos dentro del proyecto y copiaremos el siguiente path en este apartado: D:\5G_Cosim\ADS\Project_5G_agn_Cosim_wrk\Project_5G_agn_wrk\netlist.

log. Es muy importante que la dirección del path este guardada en una ubicación donde haya permisos de escritura como puede ser el pendrive u otro disco externo.

Por otro lado, para el siguiente apartado basta con copiar la dirección en la que hemos guardado el programa de ADS, en este caso: C:\Program Files\Keysight\ADS2019.

A continuación, comentadas las propiedades del propio componente, nos disponemos a presentar el nuevo diseño que hemos adaptado para llevar a cabo el método Cosim entre ambos programas:

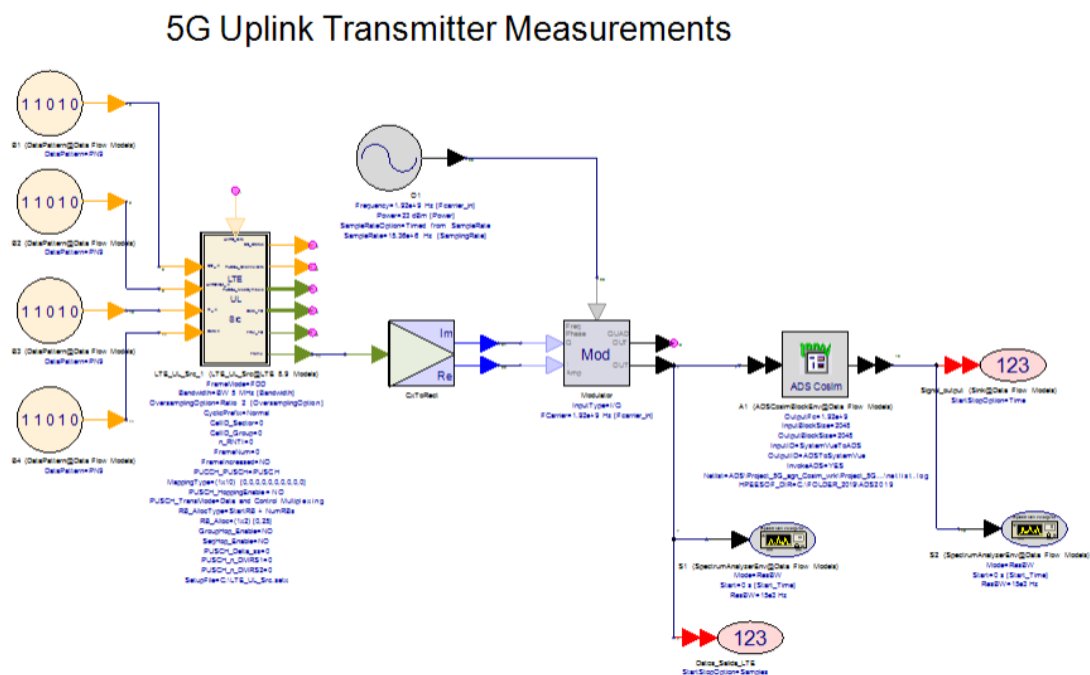


Figura 6. 3. Fuente 5G adaptada a Cosim

6.3. Diseño Cosim en ADS

Para simular correctamente sin errores, al igual que hicimos en SystemVue, debemos adaptar el esquemático en ADS, para que nos devuelva los resultados adecuadamente. Además, es importante añadir que para realizar una correcta simulación se deben definir correctamente el Tiempo de Step y Tiempo de Stop tanto en ADS como en SystemVue.

En primer lugar, presentamos el primer esquemático al que hemos integrado un subcircuito, el amplificador comercial.

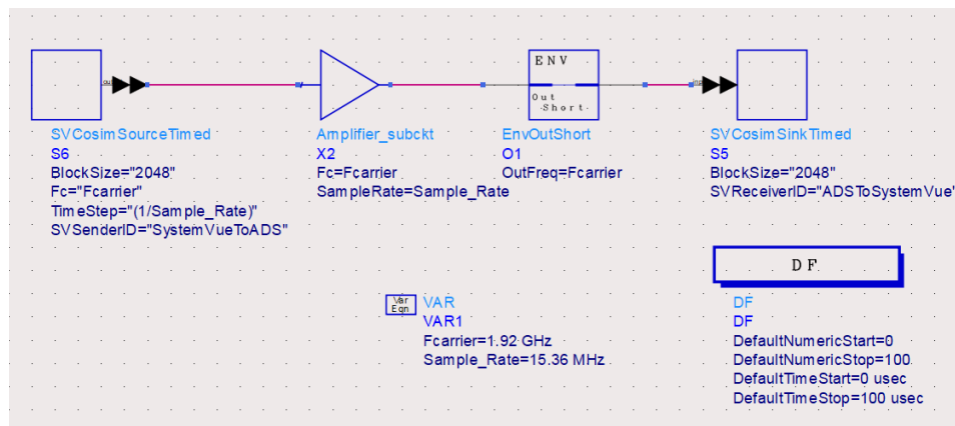


Figura 6. 4. Circuito principal de ADS

Como se observa en la figura 6.4 se han implementado los dos componentes relativos al Cosim de ADS, tanto el de la señal de entrada como el de la salida, ambos con las flechas de color negro. Cabe destacar que es importante que los “BlockSize”, “SVSenderID” y “SVReceiverID” coincidan con los del esquemático de SystemVue visto en la figura 6.3, para que no haya problemas en la sincronización. Además, realizaremos una simulación temporal del flujo de datos, por lo que la señal de entrada entrará en el subcircuito del amplificador y saldrá al detector de señal, configurado a la frecuencia de 1.92GHz. La envolvente detectada se introduce en el componente “SVCosimSink”, que enviará los resultados al diseño de SystemVue.

Profundizando en el diseño principal, marcamos el componente “Amplifier_subckt” y clicamos el botón “Push Into Hierarchy” como vemos en figura 6.5.

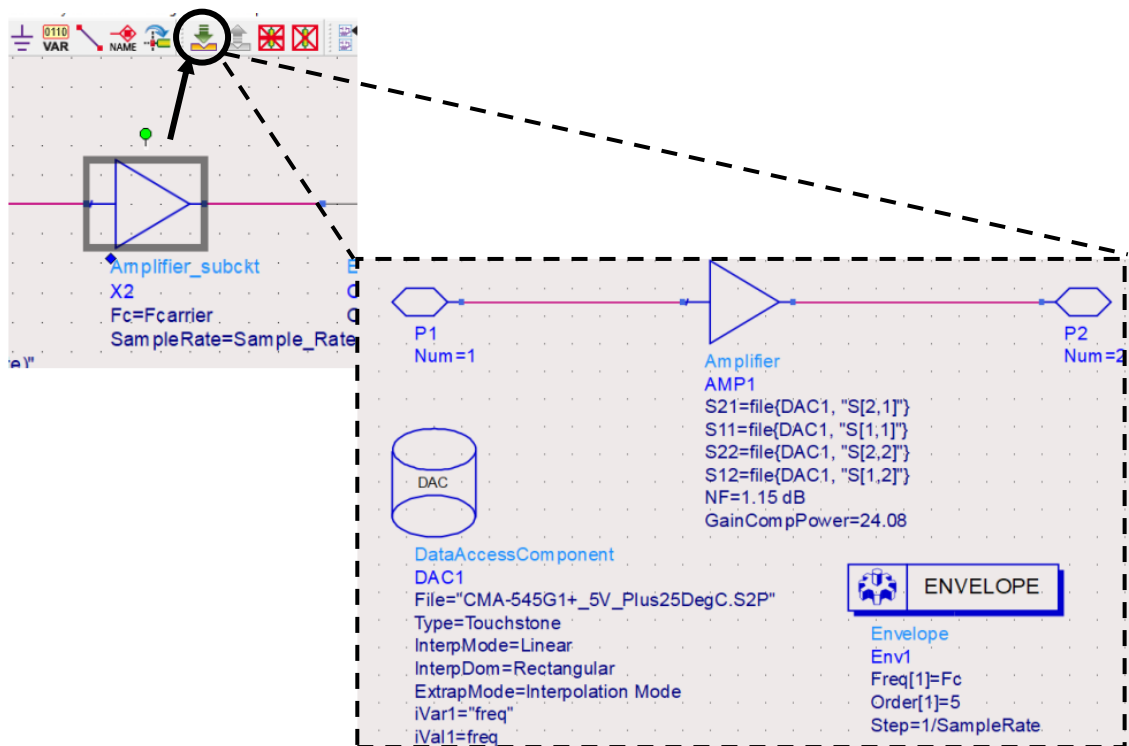


Figura 6. 5. Subcircuito con el amplificador configurado

Una vez definido el sistema en ADS, volvemos a SystemVue para configurar el CosimBlock de manera que se invoque automáticamente el diseño ADS cada vez que simulemos.

Aunque a priori nos debería de dar un error debido a que el amplificador comprime y no converge, por lo que deberíamos cambiar la potencia de entrada para cumplir con los resultados esperado o bien, el punto de compresión 1dB.

Como resultado de la simulación, añadiendo dos analizadores de espectros a la entrada y a la salida del componente, obtenemos la siguiente gráfica.

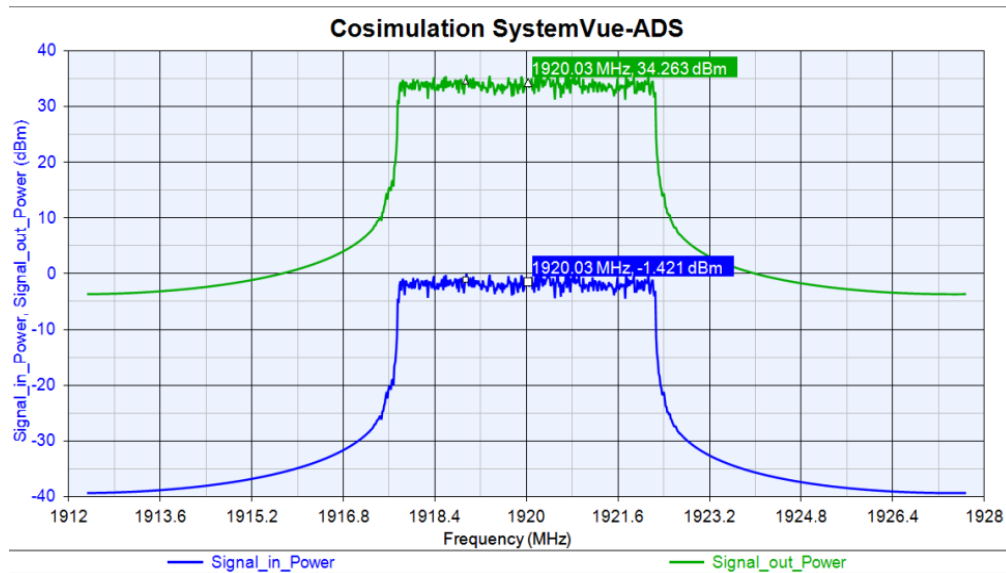


Figura 6. 6. Resultados de la Cosimulación de SystemVue-ADS

Observando la gráfica, visualizamos como en la banda de frecuencia de los 1.92GHz el amplificador comercial amplifica la señal aproximadamente 35dB. En este caso, el cosimulador nos muestra una señal amplificada en la banda, limpia, sin ruido, demasiado ideal. Esto es debido a que, a la hora de muestrear, nuestro ratio de muestreo es de 15.36MHz, por lo que sólo se muestrean y amplifican los resultados en la banda que nos interesa, por lo que puede ser de gran ayuda a la hora de comprobar si un sistema es válido idealmente o no en el entorno a estudiar.

Por último, quisimos comprobar el ACPR de nuestro canal desde SystemVue configurando el ratio de muestreo al doble del anterior, es decir, a 30.72MHz para así poder observar las siguientes bandas laterales, y posteriormente poder calcular el ACPR.

Sin embargo, llegamos a la conclusión de que simulando el mismo circuito en ADS y en SystemVue, se obtenía un menor recrecimiento espectral desde el cosimulador de SystemVue por lo que lo llevamos al soporte de Keysight y el departamento de I+D está evaluando esta variación. En la siguiente imagen se puede observar el resultado:

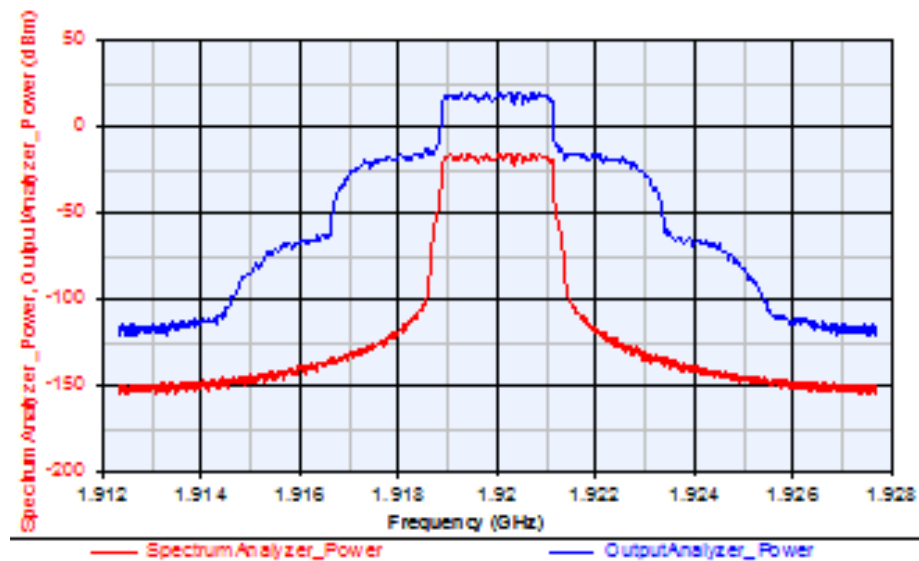


Figura 6. 6. Simulación en toda la banda desde SystemVue

7. Conclusiones

Conclusiones

El objetivo principal del trabajo era crear una fuente de trabajo del estándar 5G en SystemVue, capaz de compartirla con ADS para así, poder testear componentes comerciales o diseños propios de un diseñador de sistemas. La fuente estaba orientada en el entorno de las comunicaciones móviles, en el enlace ascendente, del dispositivo móvil a la estación base. Posteriormente, comprobamos otra herramienta, Cosim, que nos ofrece SystemVue para simular diseños de ADS sin salir del programa, una función de gran utilidad para los diseñadores de sistemas.

Realizando un barrido a lo largo de todo el proyecto del trabajo realizado, se puede concluir, que hemos logrado el objetivo marcado. Hemos desarrollado una fuente 5G capaz de testear componentes, en este proyecto hemos estudiado el comportamiento tanto de componentes activos, amplificador comercial, como de componentes pasivos, una resistencia de 50 Ohms.

Finalmente, hemos desarrollado un proyecto con la herramienta Cosim, la cual nos permitió simular el mismo amplificador sin salirnos de SystemVue, pero con menor precisión y eficacia que puede llegar a tener una gráfica de ADS.

Por último, es importante remarcar la labor de estos dos entornos utilizados. Por un lado, en el entorno de ADS a partir de la señal generada, los diseñadores de circuitos podrán probar sus componentes y diseños. Por otro lado, en el entorno de SystemVue, hay que remarcar que es utilizado por diseñadores de sistemas, con la ventaja de poder añadir diseños de ADS.

Líneas Futuras

Este proyecto nos presenta varias líneas futuras al respecto:

En una primera instancia, se puede llevar a cabo un estudio tanto de simulación como de medidas de un sistema real del estándar 5G, más concretamente ir testeando componentes a altas frecuencias del orden de los GHz como puede ser un amplificador real y llevarlos a la práctica.

En una segunda, con el transmisor comprobar el bit error rate, y creando un receptor estudiar cómo se comporta con otras señales como puede ser la señal de LTE, ya que es lo que se va a desarrollar a priori en la vida real.

En una tercera, es posible estudiar y formarse más a fondo en el programa SystemVue, debido a su completo potencial y funcionamiento, para así llevar a cabo diseños más exhaustivos y completar mi formación académica como ingeniero de telecomunicaciones. Así mismo, completar este transmisor añadiendo más canales del propio estándar 5G para aumentar la realidad al proyecto.

Por último, en el soporte de I+D de Keysight se está desarrollando y comprobando a fondo la cosimulación desde el propio programa SystemVue, con el componente Cosim, para poder medir características propias de la señal como el ACPR con más resolución, es decir, con mayor recrecimiento espectral.

8. Referencias

Referencias

- [1] Equipo de expertos VIU, «Universidad Internacional de Valencia,» 12 Noviembre 2016. [En línea]. Available: <https://www.universidadviu.es/evolucion-la-red-comunicacion-movil-del-1g-al-5g/>.
- [2] J. R. Perez, «Introducción comunicaciones móviles,» Apuntes Unican-Dpto. Ingeniería de Comunicaciones, 2019.
- [3] ETSI technologies 5G, «ETSI,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.etsi.org/technologies/5g>.
- [4] UIT-R, «Recomendación UIT-R M.2083-0,» 09/2015.
- [5] Rohde & Schwarz, «5G NR Mobile Network Testing,» 2019.
- [6] G. Martín, «Generación y análisis de señales de banda ancha,» Rohde & Schwarz, 2019.
- [7] P. Denisowski y P. Busch, «Prepare your 5G NR spectrum for deployment,» Rohde & Schwarz, 2019.
- [8] IEEE - Jose Alcaraz-Calero, Ioannis-Prodromos Belikaidis, Carlos Jesus Bernardos Cano, Pascal Bisson, Didier Bourse, Michael Bredel, Daniel Camps-Mur, Tao Chen, Xavier Costa-Perez, Panagiotis Demestichas, Mark Doll, Salah Eddine Elayoubi, Andreas Georgako, «Leading Innovations Towards 5G - Europe's Perspective in 5G Infrastructure Public-Private Partnership,» IEEE, 2017.
- [9] Keysight Technologies 2000-2019, «SystemVue Electronic System-Level (ESL) Design Software,» Keysight.com, 2019. [En línea]. Available: <https://www.keysight.com/en/pc-1297131/systemvue-electronic-system-level-esl-design-software?cc=US&lc=eng>.
- [10] ETSI TS 138 101-1, «3GPP TS 38.101-1 version 15.5.0 Release 15,» France, 2019.
- [11] Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, «Modulación y multiacceso en 5G,» 2018.

Anexos

Anexo I

Low Noise, High IP3

Monolithic Amplifier

CMA-545G1+

50Ω 0.4 to 2.2 GHz

The Big Deal

- Ceramic, Hermetically Sealed, Nitrogen filled
- Low profile case, .045" high
- High Gain, 31.5 dB
- Low Noise Figure, 1.0 dB
- High IP3, 35-37 dBm
- Class 1B HBM ESD rating (500V)



CASE STYLE: DL1721

MIL Screening Available
Please consult Applications Dept.

Product Overview

Mini-Circuits CMA-545G1+ is a E-PHEMT based Low Noise MMIC Amplifier operating from 0.4 to 2.2 GHz with a unique combination of low noise and high IP3 making this amplifier ideal for sensitive receiver applications. This design operates on a single +5V supply and is internally matched to 50 ohms. The MMIC amplifier is bonded to a multilayer integrated LTCC substrate and then hermetically sealed under a controlled nitrogen atmosphere with gold-plated covers and eutectic AuSn solder. These amplifiers are capable of meeting MIL requirements for gross leak, fine leak, thermal shock, vibration, acceleration, mechanical shock, and HTOL. The testing can be done if requested.

Key Features

Feature		Advantages
High Gain	25-32 dB	Incorporating multiple stages of amplification, the CMA-545G1+ provides high gain reducing cost and PCB board space.
Ultra Low Noise:	0.8 dB NF at 0.9 GHz	Excellent Noise Figure, measured in a 50 Ohm environment – without any external matching. When combined with high gain of this design, it suppresses second stage NF contribution.
High IP3:	+36 dBm IP3 at 0.9 GHz	Combining Low Noise and High IP3 makes this MMIC amplifier ideal for Low Noise Receiver Front End (RFE) giving the user advantages at both ends of the dynamic range: sensitivity & two-tone IM dynamic range
Output Power:	+22 dBm at 0.9 GHz	The CMA-545G1+ maintains consistent output power capability over the full operating temperature range making it ideal to be used in remote applications such as LNB's as the L Band driver stage
Internally Matched		No external matching elements required to achieve the advertised noise and output power over the full band
Ceramic Hermetic Package		Low Inductance, repeatable transitions, excellent reliability
Max Input Power	+25 dBm	Ruggedized design operates up to input powers often seen at Receiver inputs.
High Reliability		Low, small signal operating current of 160 mA nominal maintains junction temperatures typically below 130°C at 85°C ground lead temperature

Low Noise, High IP3

Monolithic Amplifier

0.4-2.2 GHz

Product Features

- High Gain, 32 dB typ. at 0.9 GHz
- Ultra Low Noise Figure, 0.8 dB typ. at 0.9 GHz
- High IP3, 36 dBm typ. at 0.9 GHz
- High Pout, P1dB up to 22 dBm typ. at 0.9 GHz
- Single Positive Supply Voltage, 5V
- Class 1B HBM ESD rating (500V)
- Small size - 3mm x 3mm x 1.14mm
- Ceramic, hermetic, Nitrogen filled
- No external matching components required



CMA-545G1+

CASE STYLE: DL1721

•RoHS Compliant

The +Suffix identifies RoHS Compliance. See our web site for RoHS Compliance methodologies and qualifications

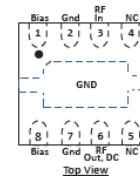
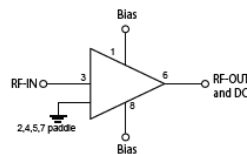
Typical Applications

- Cellular
- ISM
- GSM
- WCDMA
- LTE
- GPS

General Description

CMA-545G1+ is a high dynamic range, low noise, high IP3, high output power, monolithic amplifier. Manufactured using E-PHEMT* technology enables it to work with a single positive supply voltage. Unconditionally stable over the operating frequency. Terminal finish is Ni-Pd-Au and it has repeatable performance from lot to lot due to fully automated, tightly controlled semiconductor and assembly processes.

simplified schematic and pad description



Function	Pad Number	Description (See Application Circuit, Fig. 2)
RF-IN	3	RF input pad (connected to RF-IN via C1)
RF-OUT & DC	6	RF output pad (connected to RF-OUT via blocking external cap C2, and Supply voltage Vs via RF Choke L2)
BIAS	1 & 8	Bias pad 1 connects to Vs via L1 & pad 8 connects to Vs
GND	bottom paddle 2&7	Connected to ground
NOT USED	4,5	No internal connection; recommend connecting to ground

*Enhancement mode Pseudomorphic High Electron Mobility Transistor.

Monolithic E-PHEMT MMIC Amplifier

CMA-545G1+

Electrical Specifications⁽¹⁾ at 25°C, Vd=5V, Zo=50Ω, (refer to characterization circuit)

Parameter	Condition (MHz)	Min.	Typ.	Max.	Units
Frequency Range		0.4		2.2	GHz
Noise Figure	0.4		1.0		dB
	0.9		0.8		
	1.2		0.9		
	1.6		1.1		
	2.2		1.2		
Gain	0.4	—	32.3	—	dB
	0.9	—	31.8	—	
	1.2	28.1	31.6	34.5	
	1.6	—	30.0	—	
	2.2	—	25.4	—	
Input Return Loss	0.4		15.3		dB
	0.9		9.1		
	1.2		9.7		
	1.6		12.2		
	2.2		16.5		
Output Return Loss	0.4		21.3		dB
	0.9		17.1		
	1.2		14.7		
	1.6		14.2		
	2.2		21.5		
Output IP3	0.4		35.7		dBm
	0.9		36.1		
	1.2		36.5		
	1.6		37.2		
	2.2		37.3		
Output Power @ 1 dB Compression ⁽²⁾	0.4	—	22.1	—	dBm
	0.9	—	22.8	—	
	1.2	20.0	23.3	—	
	1.6	—	23.7	—	
	2.2	—	23.4	—	
DC Volts (Vd)		4.8	5.0	5.2	V
DC Current (Id)			158	186	mA
DC Current Variation Vs. Temperature ⁽³⁾			-0.156		mA/°C
DC Current Variation Vs. Voltage			0.027		mA/mV
Thermal Resistance ⁽³⁾			48		°C/W

⁽¹⁾ Measured on Mini-Circuits Characterization test board TB-758+. See Characterization Test Circuit (Fig. 1)

⁽²⁾ Current increases at P1dB

⁽³⁾ Current at 85°C - Current at -45°C/130

Absolute Maximum Ratings⁽⁴⁾

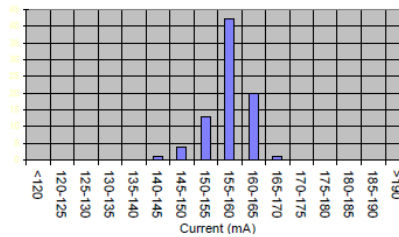
Parameter	Ratings
Operating Temperature ⁽⁵⁾	-55°C to 105°C
Storage Temperature	-65°C to 125°C
Channel Temperature	150°C
DC Voltage	6V
Power Dissipation	1.35 W
Input Power	25 dBm

⁽⁴⁾ Permanent damage may occur if any of these limits are exceeded.

These maximum ratings are not intended for continuous normal operation.

⁽⁵⁾ Defined with reference to ground pad temperature.

DC Current Histogram



Monolithic E-PHEMT MMIC Amplifier

CMA-545G1+

Characterization Test Circuit

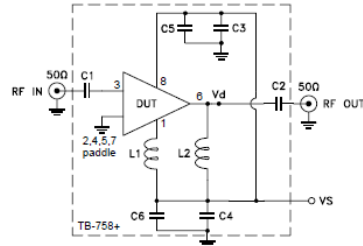


Fig 1. Block Diagram of Test Circuit used for characterization. (DUT soldered on Mini-Circuits Characterization Test Board TB-758+) Gain, Output power at 1dB compression (P1dB), Output IP3 (OIP3), Noise Figure are measured using Agilent's N5242A PNA-X microwave network analyzer.

Conditions:

1. Gain: Pin=25 dBm
2. Output IP3 (OIP3): Two tones, spaced 1 MHz apart, 0 dBm/line at output.
3. Vs adjusted for 5V at device (Vd), compensating loss of bias tee.

Recommended Application Circuit

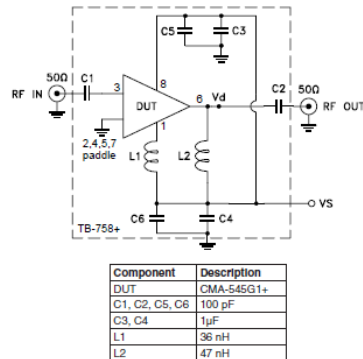
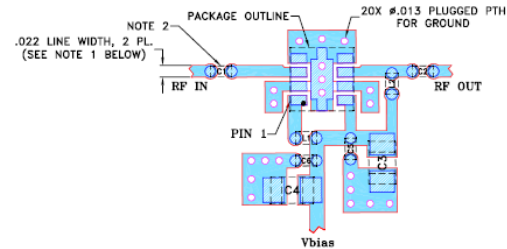


Fig 2. Recommended Application Circuit

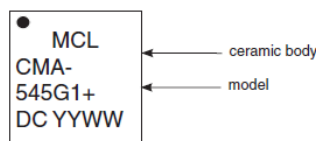
Component	Description
DUT	CMA-545G1+
C1, C2, C5, C6	100 pF
C3, C4	1μF
L1	36 nH
L2	47 nH

Suggested PCB Layout (PL-405)



- NOTES: 1. TRACE WIDTH IS SHOWN FOR ROGERS RO4350B WITH DIELECTRIC THICKNESS .010" ± .001"; COPPER: 1/2 OZ. EACH SIDE. FOR OTHER MATERIALS TRACE WIDTH MAY NEED TO BE MODIFIED.
2. 0402 AND 0805 SIZE CHIP FOOT PRINTS SHOWN FOR REFERENCE, FOR COMPONENT VALUE REFER TO TB-758+.
3. BOTTOM SIDE OF THE PCB IS CONTINUOUS GROUND PLANE.
DENOTES PCB COPPER LAYOUT WITH SMOBC (SOLDER MASK OVER BARE COPPER)
DENOTES COPPER LAND PATTERN FREE OF SOLDER MASK

Product Marking



Monolithic E-PHEMT MMIC Amplifier

CMA-545G1+

Additional Detailed Technical Information	
additional information is available on our dash board. To access this information click here	
Performance Data	Data Table
	Swept Graphs
	S-Parameter (S2P Files) Data Set (.zip file)
Case Style	DL1721 Ceramic package, exposed paddle, Termination finish: NiPdAu
Tape & Reel Standard quantities available on reel	F66-1 7" reels with 20, 50, 100, 200, 500 or 1K, 2K devices.
Suggested Layout for PCB Design	PL-405
Evaluation Board	TB-758+
Environmental Ratings	ENV-68

ESD Rating

Human Body Model (HBM): Class 1B (500 to <1000V) in accordance with ANSI/ESD STM 5.1 - 2001

Machine Model (MM): Class M1 (pass 35V) in accordance with ANSI/ESD STM5.2-1999

MSL Rating

Moisture Sensitivity: MSL1 (these parts are hermetic, air cavity and therefore, MSL ratings do not strictly apply. For handling purpose, use MSL1)

Qualification Testing

The table below shows the initial qualification testing performed. If required, parts can be subjected to 100% screening and qualifications testing per MIL standard requirement.

Test Description		Test Method/Process	Results
1	Hermeticity (fine and gross leak)	MIL-STD-202 Method 112, Cond. C & D	Pass
2	Acceleration, 30Kg, Y1 Direction	MIL-STD-883 Method 2001 Cond. E	Pass
3	Vibration, 10-2000Hz sine, 20g, 3 axis	MIL-STD-202 Method 204, Cond. D	Pass
4	Mechanical shock	MIL-STD-202 Method 213, Cond. A	Pass
5	PIND 20G's @ 130 Hz	MIL-STD-750 Method 2052.2	Pass
6	Temp Cycle -55C/+125C, 1000 Cycles	MIL-STD-202 Method 107	Pass
7	Autoclave, 121C, RH 100%, 15 Psig, 96 hrs	JESD22-A102C	Pass
8	HTOL, 1000hrs, 105C at rated Voltage condition	MIL-STD-202 Method 108, Cond. D	Pass
9	Bend Test	JESD22-B113	Pass
10	Resistance to soldering heat, 3x reflow, 260C peak	JESD22-B102	Pass
11	Drop Test	JESD22-B111	Pass
12	Adhesion Strength	Push Test >10 lb	Pass

Additional Notes

- Performance and quality attributes and conditions not expressly stated in this specification document are intended to be excluded and do not form a part of this specification document.
- Electrical specifications and performance data contained in this specification document are based on Mini-Circuit's applicable established test performance criteria and measurement instructions.
- The parts covered by this specification document are subject to Mini-Circuits standard limited warranty and terms and conditions (collectively, "Standard Terms"); Purchasers of this part are entitled to the rights and benefits contained therein. For a full statement of the Standard Terms and the exclusive rights and remedies thereunder, please visit Mini-Circuits' website at www.minicircuits.com/MCLStore/terms.jsp

MMIC Amplifier

CMA-545G1+

Typical Performance Data

NOTE: Use PDF Bookmarks to view DATA at required conditions

Definitions:

Input Return Loss = -S11 (dB)

Gain(Power Gain) = S21 (dB)

Reverse Isolation = -S12 (dB)

Output Return Loss = -S22 (dB)

TEST CONDITIONS: Vd = 5.00V, Id = 152.87mA @ Temperature = +25°C

FREQ	Gain	Isolation	Input Return Loss	Output Return Loss	Stability		IP-3 Output	1dB Comp. Output	Noise Figure
(MHz)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	K	Measure	(dBm)	(dBm)	(dB)
300.0	30.75	68.00	6.23	19.26	27.48	1.22	35.44	20.34	3.12
350.0	31.90	65.58	10.97	20.61	22.07	1.07	35.89	21.30	1.30
400.0	32.30	64.82	15.72	21.29	20.43	1.02	36.92	22.05	1.05
450.0	32.35	63.50	15.45	21.22	17.41	1.02	36.73	22.51	0.95
500.0	32.27	62.75	13.24	20.95	15.78	1.04	36.10	22.62	0.99
550.0	32.27	60.50	11.84	21.54	11.98	1.06	36.17	22.49	1.01
600.0	32.20	60.15	10.84	20.41	11.35	1.07	35.98	22.58	0.99
650.0	32.10	59.34	10.16	19.66	10.27	1.09	36.47	22.43	0.97
700.0	32.03	58.79	9.68	19.09	9.59	1.10	36.20	22.81	1.02
750.0	31.98	58.13	9.40	18.58	8.85	1.10	36.07	22.71	0.99
800.0	31.94	57.33	9.22	18.10	8.04	1.10	36.33	22.69	1.01
850.0	31.92	56.68	9.12	17.62	7.45	1.11	36.53	22.86	0.95
900.0	31.90	56.00	9.09	17.21	6.88	1.10	36.77	22.76	0.98
950.0	31.88	55.30	9.11	16.70	6.35	1.10	36.90	23.19	0.97
1000.0	31.85	54.55	9.15	16.27	5.83	1.10	35.81	23.34	1.01
1050.0	31.84	53.88	9.26	15.84	5.42	1.09	36.60	23.20	0.99
1100.0	31.80	53.34	9.39	15.44	5.12	1.09	37.14	23.32	0.99
1150.0	31.74	52.70	9.58	15.06	4.80	1.08	37.06	23.10	1.02
1200.0	31.67	52.16	9.78	14.71	4.56	1.07	37.21	23.45	1.09
1250.0	31.58	51.63	10.05	14.42	4.36	1.06	37.20	23.40	1.11
1300.0	31.47	51.19	10.34	14.18	4.22	1.05	37.66	23.57	1.12
1350.0	31.33	50.70	10.63	13.97	4.08	1.04	37.75	23.36	1.06
1400.0	31.16	50.29	10.99	13.85	4.00	1.03	37.28	23.58	1.06
1450.0	30.96	49.85	11.38	13.74	3.92	1.03	37.71	23.63	1.13
1500.0	30.72	49.56	11.85	13.77	3.93	1.02	37.31	23.78	1.10
1550.0	30.45	49.13	12.33	13.81	3.89	1.01	37.89	23.61	1.06
1600.0	30.16	48.94	12.82	13.96	3.97	1.01	37.47	23.94	1.09
1650.0	29.85	48.77	13.31	14.20	4.07	1.00	37.79	23.95	1.16
1700.0	29.51	48.48	13.82	14.43	4.13	1.00	37.71	24.00	1.12
1750.0	29.16	48.31	14.32	14.80	4.25	1.00	37.84	24.00	1.13
1800.0	28.79	48.19	14.83	15.25	4.41	1.00	37.92	24.02	1.12
1850.0	28.41	48.14	15.29	15.75	4.61	1.00	38.04	23.97	1.11
1900.0	28.01	47.91	15.76	16.30	4.73	1.00	38.60	23.96	1.17
1950.0	27.61	47.87	16.17	17.00	4.96	1.00	37.86	24.20	1.13
2000.0	27.20	47.88	16.54	17.76	5.23	1.00	38.16	24.04	1.17
2100.0	26.37	47.74	17.13	19.30	5.71	1.00	37.55	23.84	1.19
2200.0	25.54	47.70	17.49	20.80	6.28	1.00	37.00	23.52	1.20
2300.0	24.71	47.81	17.66	21.21	7.01	1.00	37.35	23.43	1.24
2400.0	23.89	47.78	17.67	20.05	7.66	1.00	37.01	23.39	1.29
2500.0	23.07	47.99	17.60	18.21	8.57	1.00	36.55	23.17	1.35



minicircuits.com

P.O. Box 350166, Brooklyn, New York 11235-0039 (718) 934-4500 • Fax (718) 332-4661 For detailed performance specs & shopping online see Mini-Circuits web site
The Design Engineers Search Engine Provides ACTUAL Data Instantly From MINI-CIRCUITS At: www.minicircuits.com

IF/RF MICROWAVE COMPONENTS

REV. OR
CMA-545G1+
12/26/2013
Page 1 of 9

MMIC Amplifier

CMA-545G1+

Typical Performance Data

Definitions:

Input Return Loss = -S11 (dB)

Gain(Power Gain) = S21 (dB)

Reverse Isolation = -S12 (dB)

Output Return Loss = -S22 (dB)

TEST CONDITIONS: Vd = 4.75V, Id = 145.01mA @ Temperature = +25°C

FREQ	Gain	Isolation	Input Return Loss	Output Return Loss	Stability		IP-3 Output	1dB Comp. Output	Noise Figure
(MHz)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	K	Measure	(dBm)	(dBm)	(dB)
300.0	30.63	68.18	6.22	19.01	28.39	1.22	35.55	20.52	3.11
350.0	31.78	65.66	10.99	20.13	22.56	1.07	36.32	21.33	1.28
400.0	32.18	64.38	15.76	20.60	19.69	1.02	36.96	21.91	1.02
450.0	32.23	63.40	15.52	20.46	17.44	1.02	37.21	22.24	0.95
500.0	32.15	62.54	13.25	20.18	15.60	1.04	35.91	22.22	0.99
550.0	32.15	60.41	11.88	20.69	11.99	1.06	35.90	22.03	1.01
600.0	32.08	60.04	10.88	19.69	11.34	1.07	35.61	22.09	0.98
650.0	31.99	59.20	10.18	19.03	10.22	1.08	35.78	21.95	0.96
700.0	31.92	58.80	9.70	18.52	9.70	1.09	35.94	22.33	0.99
750.0	31.88	58.22	9.41	18.06	9.03	1.10	35.50	22.22	0.99
800.0	31.84	57.28	9.23	17.63	8.08	1.10	35.81	22.17	1.04
850.0	31.82	56.62	9.12	17.20	7.46	1.10	36.27	22.35	0.93
900.0	31.81	55.80	9.09	16.82	6.77	1.10	36.29	22.26	0.96
950.0	31.79	55.18	9.11	16.36	6.31	1.10	36.53	22.70	0.97
1000.0	31.77	54.55	9.15	15.96	5.87	1.10	35.43	22.87	1.01
1050.0	31.76	53.86	9.27	15.56	5.45	1.09	36.13	22.72	1.00
1100.0	31.72	53.23	9.38	15.18	5.09	1.08	36.59	22.86	0.96
1150.0	31.67	52.61	9.59	14.82	4.78	1.08	36.68	22.61	1.01
1200.0	31.61	52.07	9.79	14.48	4.54	1.07	36.81	22.98	1.06
1250.0	31.51	51.61	10.05	14.21	4.38	1.06	37.17	22.94	1.10
1300.0	31.41	51.06	10.33	13.97	4.18	1.05	37.10	23.12	1.09
1350.0	31.26	50.69	10.65	13.77	4.10	1.04	37.28	22.90	1.06
1400.0	31.10	50.21	11.00	13.65	3.98	1.03	37.02	23.15	1.02
1450.0	30.90	49.79	11.39	13.52	3.91	1.02	37.14	23.20	1.09
1500.0	30.67	49.45	11.87	13.55	3.90	1.01	37.19	23.37	1.11
1550.0	30.41	49.12	12.34	13.59	3.90	1.01	37.55	23.18	1.05
1600.0	30.12	48.84	12.85	13.73	3.94	1.00	37.06	23.57	1.08
1650.0	29.82	48.63	13.35	13.95	4.02	1.00	37.54	23.57	1.14
1700.0	29.48	48.39	13.87	14.16	4.10	0.99	37.28	23.62	1.11
1750.0	29.13	48.27	14.39	14.53	4.24	0.99	37.66	23.62	1.11
1800.0	28.76	48.10	14.91	14.94	4.37	0.99	37.83	23.62	1.13
1850.0	28.39	48.06	15.37	15.40	4.57	0.99	38.31	23.58	1.11
1900.0	27.99	47.87	15.87	15.90	4.71	0.99	38.13	23.56	1.16
1950.0	27.60	47.79	16.26	16.55	4.92	0.99	37.68	23.83	1.11
2000.0	27.19	47.72	16.65	17.25	5.14	1.00	38.07	23.65	1.17
2100.0	26.37	47.64	17.24	18.64	5.64	1.00	37.33	23.48	1.17
2200.0	25.54	47.66	17.64	19.96	6.24	1.00	36.94	23.20	1.21
2300.0	24.72	47.73	17.78	20.35	6.93	1.00	37.37	23.07	1.24
2400.0	23.89	47.69	17.80	19.40	7.57	1.00	36.87	23.05	1.28
2500.0	23.08	47.91	17.70	17.77	8.47	1.00	36.41	22.83	1.36



minicircuits.com

P.O. Box 350166, Brooklyn, New York 11235-0033 (718) 634-4500 • Fax (718) 332-4661 For detailed performance specs & shopping online see Mini-Circuits web site
 The Design Engineers Search Engine Provides ACTUAL Data Instantly From MINI-CIRCUITS At: www.minicircuits.com
 I/F/RF MICROWAVE COMPONENTS

REV. OR
 CMA-545G1+
 12/26/2013
 Page 2 of 9

MMIC Amplifier

CMA-545G1+

Typical Performance Data

Definitions:

Input Return Loss = -S11 (dB)

Gain(Power Gain) = S21 (dB)

Reverse Isolation = -S12 (dB)

Output Return Loss = -S22 (dB)

TEST CONDITIONS: Vd = 5.25V, Id = 160.49mA @ Temperature = +25°C

FREQ	Gain	Isolation	Input Return Loss	Output Return Loss	Stability		IP-3 Output	1dB Comp. Output	Noise Figure
(MHz)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	K	Measure	(dBm)	(dBm)	(dB)
300.0	30.85	68.50	6.24	19.53	28.80	1.22	33.51	19.81	3.22
350.0	32.00	66.00	10.98	21.20	22.91	1.07	34.80	21.04	1.39
400.0	32.40	64.54	15.60	22.15	19.56	1.02	35.79	21.99	1.06
450.0	32.45	63.68	15.25	22.22	17.57	1.02	36.50	22.60	0.98
500.0	32.37	62.71	13.06	21.96	15.54	1.04	35.96	22.86	1.01
550.0	32.36	60.49	11.71	22.66	11.83	1.06	36.25	22.82	1.05
600.0	32.28	60.23	10.73	21.32	11.34	1.08	35.82	22.95	1.02
650.0	32.18	59.43	10.07	20.45	10.28	1.09	36.27	22.84	1.01
700.0	32.10	58.80	9.59	19.79	9.51	1.10	36.33	23.22	1.04
750.0	32.05	58.11	9.33	19.20	8.76	1.10	36.38	23.14	1.04
800.0	32.00	57.41	9.15	18.65	8.05	1.11	36.44	23.12	1.09
850.0	31.98	56.65	9.06	18.09	7.37	1.11	36.78	23.28	0.98
900.0	31.95	55.92	9.02	17.63	6.77	1.11	37.19	23.21	0.99
950.0	31.93	55.19	9.04	17.08	6.23	1.10	36.99	23.60	1.00
1000.0	31.90	54.64	9.08	16.61	5.86	1.10	35.92	23.75	1.05
1050.0	31.88	54.01	9.20	16.14	5.47	1.10	36.88	23.62	1.03
1100.0	31.84	53.44	9.32	15.71	5.15	1.09	37.28	23.74	1.01
1150.0	31.79	52.80	9.51	15.31	4.83	1.08	37.30	23.54	1.04
1200.0	31.71	52.25	9.71	14.94	4.59	1.07	37.09	23.86	1.10
1250.0	31.61	51.74	9.98	14.64	4.40	1.06	38.01	23.81	1.14
1300.0	31.50	51.23	10.27	14.39	4.23	1.05	37.34	23.95	1.14
1350.0	31.35	50.79	10.56	14.18	4.11	1.05	37.58	23.77	1.12
1400.0	31.18	50.39	10.90	14.05	4.03	1.04	37.75	23.96	1.09
1450.0	30.98	49.90	11.29	13.93	3.93	1.03	37.51	23.99	1.14
1500.0	30.74	49.60	11.76	13.98	3.94	1.02	37.26	24.12	1.15
1550.0	30.46	49.28	12.23	14.05	3.95	1.01	37.98	23.97	1.07
1600.0	30.17	49.02	12.71	14.21	4.01	1.01	37.29	24.25	1.12
1650.0	29.86	48.83	13.20	14.47	4.10	1.01	37.87	24.27	1.17
1700.0	29.52	48.61	13.66	14.70	4.19	1.00	37.73	24.31	1.13
1750.0	29.16	48.38	14.19	15.13	4.29	1.00	37.65	24.33	1.15
1800.0	28.78	48.26	14.68	15.60	4.45	1.00	37.90	24.34	1.16
1850.0	28.40	48.20	15.10	16.13	4.65	1.00	38.25	24.33	1.12
1900.0	27.99	48.00	15.57	16.72	4.80	1.00	38.13	24.33	1.18
1950.0	27.60	48.00	15.94	17.49	5.05	1.00	37.53	24.51	1.15
2000.0	27.18	47.94	16.32	18.33	5.28	1.00	38.20	24.40	1.20
2100.0	26.35	47.82	16.87	20.08	5.78	1.00	37.63	24.17	1.22
2200.0	25.51	47.78	17.23	21.82	6.37	1.01	37.00	23.80	1.21
2300.0	24.68	47.84	17.39	22.22	7.06	1.01	37.30	23.73	1.29
2400.0	23.85	47.83	17.45	20.76	7.74	1.00	36.76	23.69	1.31
2500.0	23.03	48.00	17.36	18.62	8.62	1.00	36.52	23.45	1.38

Mini-Circuits®
ISO 9001 ISO 14001 AS 9100 CERTIFIED

P.O. Box 350166, Brooklyn, New York 11235-0033 (718) 634-4500 • Fax (718) 332-4661 For detailed performance specs & shopping online see Mini-Circuits web site www.minicircuits.com
The Design Engineers Search Engine Provides ACTUAL Data Instantly From MINI-CIRCUITS At: www.minicircuits.com

IF/RF MICROWAVE COMPONENTS

minicircuits.com

REV. OR

CMA-545G1+

12/26/2013

Page 3 of 9

MMIC Amplifier

CMA-545G1+

Typical Performance Data

Definitions:

Input Return Loss = -S11 (dB)
Gain(Power Gain) = S21 (dB)
Reverse Isolation = -S12 (dB)
Output Return Loss = -S22 (dB)

TEST CONDITIONS: Vd = 5.00V, Id = 155.48mA @ Temperature = -45°C

FREQ	Gain	Isolation	Input Return Loss	Output Return Loss	Stability		IP-3 Output	1dB Comp. Output	Noise Figure
(MHz)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	K	Measure	(dBm)	(dBm)	(dB)
300.0	30.56	67.24	6.53	18.69	26.21	1.20	39.99	21.99	3.06
350.0	31.85	65.47	11.09	19.42	21.90	1.06	40.23	22.65	1.23
400.0	32.47	64.21	17.71	19.51	18.80	1.00	41.17	23.11	0.91
450.0	32.71	63.23	22.07	19.09	16.50	0.99	40.80	23.37	0.79
500.0	32.77	62.41	17.98	18.57	14.73	1.00	39.31	23.32	0.83
550.0	32.87	59.99	15.35	19.03	10.88	1.02	38.82	23.09	0.88
600.0	32.89	59.94	13.58	18.13	10.60	1.03	38.48	23.14	0.80
650.0	32.85	59.16	12.42	17.56	9.57	1.04	38.59	22.96	0.77
700.0	32.80	58.65	11.58	17.17	8.93	1.05	39.02	23.37	0.80
750.0	32.78	58.03	11.05	16.86	8.25	1.06	38.82	23.22	0.81
800.0	32.76	57.26	10.70	16.57	7.50	1.06	38.42	23.15	0.84
850.0	32.75	56.65	10.50	16.25	6.95	1.06	39.05	23.31	0.73
900.0	32.76	55.92	10.42	15.97	6.37	1.06	38.83	23.19	0.76
950.0	32.75	55.21	10.38	15.59	5.86	1.06	39.72	23.67	0.75
1000.0	32.74	54.61	10.36	15.26	5.46	1.06	38.38	23.84	0.76
1050.0	32.73	53.93	10.49	14.91	5.05	1.06	39.50	23.63	0.79
1100.0	32.71	53.34	10.64	14.58	4.74	1.05	39.32	23.76	0.74
1150.0	32.68	52.69	10.86	14.27	4.43	1.04	40.39	23.48	0.78
1200.0	32.62	52.29	11.07	13.97	4.27	1.03	39.74	23.87	0.84
1250.0	32.54	51.69	11.32	13.72	4.03	1.03	40.73	23.80	0.86
1300.0	32.44	51.24	11.63	13.48	3.89	1.02	40.41	24.00	0.86
1350.0	32.31	50.77	11.95	13.27	3.75	1.01	41.02	23.72	0.82
1400.0	32.14	50.40	12.27	13.13	3.68	1.00	40.17	23.99	0.81
1450.0	31.95	50.04	12.58	12.98	3.63	1.00	40.75	24.05	0.84
1500.0	31.72	49.55	13.10	12.91	3.55	0.99	40.05	24.25	0.86
1550.0	31.47	49.26	13.60	12.89	3.55	0.98	40.49	23.99	0.77
1600.0	31.18	49.02	14.20	12.97	3.60	0.98	39.81	24.50	0.78
1650.0	30.88	48.81	14.73	13.15	3.66	0.97	40.79	24.47	0.87
1700.0	30.55	48.61	15.26	13.28	3.74	0.97	39.98	24.53	0.81
1750.0	30.21	48.31	15.93	13.56	3.79	0.97	41.01	24.50	0.85
1800.0	29.85	48.17	16.64	13.92	3.92	0.97	40.44	24.52	0.84
1850.0	29.48	48.18	17.30	14.30	4.12	0.97	40.72	24.47	0.81
1900.0	29.08	47.94	18.03	14.71	4.22	0.97	41.07	24.44	0.88
1950.0	28.68	47.87	18.64	15.27	4.40	0.97	40.38	24.80	0.82
2000.0	28.28	47.88	19.20	15.86	4.64	0.98	41.36	24.59	0.86
2100.0	27.46	47.80	19.98	17.08	5.09	0.98	40.14	24.53	0.88
2200.0	26.63	47.67	20.50	18.30	5.54	0.99	39.55	24.25	0.88
2300.0	25.80	47.76	20.61	18.81	6.17	0.99	40.21	24.15	0.92
2400.0	24.97	47.75	20.11	18.30	6.76	0.99	39.32	24.22	0.95
2500.0	24.14	47.89	19.57	17.12	7.50	0.99	39.06	24.03	1.00

Mini-Circuits®
ISO 9001 ISO 14001 AS 9100 CERTIFIED

minicircuits.com

P.O. Box 350166, Brooklyn, New York 11235-0033 (718) 934-4500 • Fax (718) 332-4661 For detailed performance specs & shopping online see Mini-Circuits web site
The Design Engineers Search Engine Provides ACTUAL Data Instantly From MINI-CIRCUITS At: www.minicircuits.com

IF/RF MICROWAVE COMPONENTS

REV. OR
CMA-545G1+
12/26/2013
Page 4 of 9

MMIC Amplifier

CMA-545G1+

Typical Performance Data

Definitions:

Input Return Loss = -S11 (dB)

Gain(Power Gain) = S21 (dB)

Reverse Isolation = -S12 (dB)

Output Return Loss = -S22 (dB)

TEST CONDITIONS: Vd = 4.75V, Id = 148.04mA @ Temperature = -45°C

FREQ	Gain	Isolation	Input Return Loss	Output Return Loss	Stability		IP-3 Output	1dB Comp. Output	Noise Figure
(MHz)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	K	Measure	(dBm)	(dBm)	(dB)
300.0	30.51	67.19	6.53	18.38	26.22	1.20	40.07	21.82	3.01
350.0	31.79	65.60	11.09	18.95	22.35	1.06	39.23	22.35	1.21
400.0	32.40	64.20	17.73	18.96	18.91	1.00	40.13	22.69	0.89
450.0	32.64	62.81	22.03	18.54	15.82	0.99	39.71	22.87	0.78
500.0	32.70	62.65	17.96	18.04	15.23	1.00	38.15	22.76	0.81
550.0	32.81	60.11	15.34	18.46	11.10	1.01	37.86	22.51	0.88
600.0	32.82	59.90	13.56	17.64	10.60	1.03	37.60	22.55	0.79
650.0	32.78	59.01	12.40	17.13	9.46	1.04	37.72	22.36	0.77
700.0	32.74	58.67	11.58	16.77	9.00	1.05	37.91	22.78	0.81
750.0	32.72	57.96	11.04	16.50	8.21	1.06	37.90	22.63	0.79
800.0	32.71	57.33	10.69	16.24	7.59	1.06	37.91	22.57	0.82
850.0	32.70	56.58	10.49	15.95	6.92	1.06	38.18	22.73	0.72
900.0	32.71	55.91	10.41	15.70	6.38	1.06	38.41	22.62	0.75
950.0	32.70	55.18	10.37	15.35	5.85	1.06	38.52	23.10	0.75
1000.0	32.69	54.50	10.35	15.04	5.41	1.06	37.60	23.29	0.78
1050.0	32.69	53.88	10.47	14.70	5.04	1.05	38.42	23.06	0.76
1100.0	32.67	53.33	10.63	14.39	4.74	1.05	38.65	23.20	0.75
1150.0	32.64	52.77	10.86	14.09	4.48	1.04	38.91	22.91	0.77
1200.0	32.58	52.19	11.07	13.81	4.23	1.03	39.24	23.33	0.82
1250.0	32.50	51.68	11.33	13.56	4.04	1.02	39.78	23.26	0.83
1300.0	32.40	51.15	11.63	13.33	3.86	1.02	39.60	23.47	0.85
1350.0	32.28	50.76	11.95	13.14	3.76	1.01	39.49	23.17	0.83
1400.0	32.11	50.38	12.28	13.01	3.68	1.00	39.75	23.47	0.79
1450.0	31.93	50.01	12.59	12.85	3.62	0.99	39.61	23.53	0.86
1500.0	31.70	49.53	13.10	12.79	3.54	0.99	39.62	23.73	0.85
1550.0	31.45	49.25	13.62	12.76	3.55	0.98	40.06	23.47	0.77
1600.0	31.17	49.01	14.20	12.83	3.59	0.97	40.05	24.01	0.83
1650.0	30.87	48.78	14.75	13.00	3.65	0.97	39.66	23.97	0.87
1700.0	30.54	48.54	15.29	13.13	3.71	0.97	40.06	24.04	0.80
1750.0	30.19	48.32	15.94	13.40	3.79	0.97	40.28	24.01	0.83
1800.0	29.84	48.22	16.68	13.74	3.94	0.97	40.11	24.02	0.82
1850.0	29.47	48.13	17.36	14.10	4.09	0.97	41.24	23.96	0.79
1900.0	29.07	47.87	18.06	14.50	4.18	0.97	40.85	23.94	0.86
1950.0	28.68	47.87	18.68	15.04	4.40	0.97	39.83	24.32	0.82
2000.0	28.28	47.79	19.29	15.60	4.59	0.97	40.54	24.08	0.86
2100.0	27.46	47.71	20.11	16.73	5.03	0.98	39.96	24.03	0.85
2200.0	26.64	47.66	20.59	17.86	5.53	0.98	39.37	23.81	0.86
2300.0	25.81	47.71	20.71	18.33	6.12	0.99	39.20	23.69	0.92
2400.0	24.98	47.70	20.26	17.87	6.71	0.99	39.19	23.74	0.91
2500.0	24.16	47.90	19.65	16.78	7.49	0.98	38.68	23.53	1.00

Mini-Circuits®
ISO 9001 ISO 14001 AS 9100 CERTIFIED

minicircuits.com

P.O. Box 350166, Brooklyn, New York 11235-0033 (718) 934-4500 • Fax (718) 332-4661 For detailed performance specs & shopping online see Mini-Circuits web site www.minicircuits.com
The Design Engineers Search Engine Provides ACTUAL Data Instantly From MINI-CIRCUITS At: www.minicircuits.com
IP/RF MICROWAVE COMPONENTS

REV. OR
CMA-545G1+
12/26/2013
Page 5 of 9

MMIC Amplifier

CMA-545G1+

Typical Performance Data

Definitions:

Input Return Loss = -S11 (dB)
Gain(Power Gain) = S21 (dB)
Reverse Isolation = -S12 (dB)
Output Return Loss = -S22 (dB)

TEST CONDITIONS: Vd = 5.25V, Id = 163.74mA @ Temperature = -45°C

FREQ	Gain	Isolation	Input Return Loss	Output Return Loss	Stability		IP-3 Output	1dB Comp. Output	Noise Figure
(MHz)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	K	Measure	(dBm)	(dBm)	(dB)
300.0	30.76	66.85	6.52	18.85	24.52	1.21	40.79	21.87	3.03
350.0	32.05	65.96	11.09	19.77	22.69	1.06	40.83	22.67	1.25
400.0	32.66	64.46	17.64	20.00	18.95	1.01	41.40	23.26	0.89
450.0	32.89	63.23	21.56	19.64	16.17	1.00	40.77	23.65	0.82
500.0	32.94	62.44	17.71	19.13	14.49	1.00	39.36	23.70	0.82
550.0	33.04	60.34	15.17	19.66	11.12	1.02	39.90	23.54	0.84
600.0	33.04	59.84	13.44	18.68	10.30	1.03	39.30	23.61	0.82
650.0	32.99	59.29	12.30	18.07	9.56	1.04	39.14	23.43	0.80
700.0	32.94	58.79	11.48	17.65	8.94	1.05	39.77	23.85	0.80
750.0	32.91	58.08	10.98	17.31	8.18	1.06	39.55	23.70	0.81
800.0	32.89	57.36	10.63	17.00	7.48	1.07	39.57	23.66	0.85
850.0	32.87	56.72	10.43	16.66	6.92	1.07	39.97	23.80	0.74
900.0	32.87	55.98	10.36	16.36	6.34	1.07	40.54	23.70	0.77
950.0	32.86	55.34	10.32	15.96	5.87	1.07	40.51	24.14	0.77
1000.0	32.84	54.71	10.32	15.61	5.46	1.06	38.90	24.30	0.79
1050.0	32.83	54.06	10.43	15.23	5.07	1.06	39.86	24.11	0.78
1100.0	32.81	53.42	10.58	14.87	4.74	1.05	39.81	24.23	0.75
1150.0	32.77	52.90	10.81	14.54	4.49	1.04	41.04	23.97	0.80
1200.0	32.70	52.35	11.01	14.23	4.26	1.04	40.90	24.34	0.86
1250.0	32.62	51.79	11.26	13.97	4.05	1.03	41.26	24.27	0.88
1300.0	32.51	51.31	11.56	13.73	3.89	1.02	40.87	24.46	0.86
1350.0	32.38	50.88	11.87	13.53	3.78	1.01	41.69	24.19	0.82
1400.0	32.21	50.44	12.20	13.40	3.68	1.01	40.61	24.45	0.82
1450.0	32.02	50.15	12.51	13.23	3.65	1.00	41.04	24.50	0.86
1500.0	31.78	49.72	13.00	13.19	3.60	0.99	40.36	24.69	0.87
1550.0	31.52	49.33	13.52	13.16	3.57	0.99	41.70	24.45	0.78
1600.0	31.23	49.14	14.10	13.25	3.63	0.98	40.93	24.91	0.81
1650.0	30.92	48.95	14.63	13.44	3.71	0.98	41.28	24.90	0.88
1700.0	30.59	48.67	15.16	13.59	3.76	0.98	40.53	24.96	0.82
1750.0	30.24	48.50	15.79	13.90	3.87	0.97	41.17	24.93	0.86
1800.0	29.87	48.27	16.48	14.28	3.96	0.97	41.44	24.94	0.87
1850.0	29.50	48.26	17.13	14.69	4.15	0.97	41.78	24.90	0.82
1900.0	29.09	48.06	17.82	15.14	4.28	0.98	42.64	24.89	0.87
1950.0	28.70	47.99	18.42	15.74	4.47	0.98	41.41	25.21	0.85
2000.0	28.29	47.95	18.96	16.39	4.68	0.98	41.82	25.03	0.87
2100.0	27.46	47.84	19.70	17.71	5.12	0.99	40.93	24.96	0.86
2200.0	26.63	47.79	20.20	19.06	5.63	0.99	39.91	24.62	0.88
2300.0	25.79	47.83	20.33	19.59	6.24	0.99	40.85	24.56	0.94
2400.0	24.95	47.77	19.92	18.92	6.80	0.99	40.06	24.63	0.95
2500.0	24.13	47.97	19.37	17.55	7.60	0.99	39.48	24.46	1.02

Mini-Circuits®
ISO 9001 ISO 14001 AS 9100 CERTIFIED

P.O. Box 350166, Brooklyn, New York 11235-0933 (718) 934-4500 • Fax (718) 332-4661 For detailed performance specs & shopping online see Mini-Circuits web site
The Design Engineers Search Engine Provides ACTUAL Data Instantly From MINI-CIRCUITS At: www.minicircuits.com

IF/RF MICROWAVE COMPONENTS

minicircuits.com

REV. OR
CMA-545G1+
12/26/2013
Page 6 of 9

MMIC Amplifier

CMA-545G1+

Typical Performance Data

Definitions:

Input Return Loss = -S11 (dB)
Gain(Power Gain) = S21 (dB)
Reverse Isolation = -S12 (dB)
Output Return Loss = -S22 (dB)

TEST CONDITIONS: Vd = 5.00V, Id = 149.81mA @ Temperature = +85°C

FREQ	Gain	Isolation	Input Return Loss	Output Return Loss	Stability		IP-3 Output	1dB Comp. Output	Noise Figure
(MHz)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	K	Measure	(dBm)	(dBm)	(dB)
300.0	30.57	68.20	5.82	19.69	27.82	1.25	29.90	17.91	3.28
350.0	31.61	65.80	10.33	21.69	23.13	1.08	31.06	19.26	1.55
400.0	31.83	64.47	13.34	23.11	20.36	1.04	32.19	20.37	1.26
450.0	31.73	63.46	12.44	23.53	18.12	1.05	32.91	21.03	1.17
500.0	31.55	62.56	10.85	23.55	16.24	1.08	32.85	21.31	1.21
550.0	31.46	60.82	9.85	24.14	13.12	1.10	33.16	21.37	1.25
600.0	31.33	59.96	9.13	22.62	11.78	1.12	33.19	21.52	1.23
650.0	31.21	59.59	8.68	21.61	11.25	1.13	33.26	21.47	1.23
700.0	31.12	58.87	8.38	20.84	10.33	1.14	33.45	21.77	1.24
750.0	31.05	58.01	8.18	20.13	9.34	1.14	33.36	21.83	1.25
800.0	31.00	57.31	8.05	19.49	8.60	1.15	33.64	21.81	1.29
850.0	30.96	56.60	7.99	18.84	7.93	1.15	33.87	21.99	1.20
900.0	30.94	55.95	8.00	18.31	7.36	1.14	34.05	22.00	1.25
950.0	30.92	55.17	8.06	17.66	6.74	1.14	34.00	22.26	1.23
1000.0	30.90	54.45	8.14	17.13	6.23	1.13	33.32	22.38	1.26
1050.0	30.87	53.82	8.29	16.64	5.83	1.13	33.89	22.38	1.29
1100.0	30.83	53.22	8.43	16.19	5.48	1.12	34.20	22.49	1.26
1150.0	30.78	52.62	8.64	15.77	5.17	1.11	34.24	22.40	1.31
1200.0	30.71	52.02	8.85	15.39	4.89	1.10	34.16	22.60	1.33
1250.0	30.61	51.52	9.13	15.10	4.71	1.09	34.69	22.61	1.40
1300.0	30.50	50.96	9.43	14.84	4.50	1.08	34.39	22.69	1.41
1350.0	30.35	50.57	9.76	14.66	4.42	1.07	34.55	22.64	1.39
1400.0	30.18	50.18	10.11	14.54	4.35	1.06	34.53	22.74	1.37
1450.0	29.98	49.73	10.49	14.45	4.27	1.05	34.67	22.75	1.41
1500.0	29.74	49.38	10.93	14.52	4.26	1.04	34.44	22.83	1.42
1550.0	29.47	49.06	11.39	14.61	4.28	1.03	34.94	22.78	1.34
1600.0	29.17	48.80	11.83	14.79	4.34	1.03	34.43	22.89	1.37
1650.0	28.86	48.61	12.30	15.09	4.44	1.02	34.74	22.95	1.43
1700.0	28.52	48.37	12.73	15.35	4.53	1.02	34.83	22.93	1.41
1750.0	28.16	48.21	13.17	15.80	4.68	1.02	34.89	22.99	1.43
1800.0	27.79	48.08	13.58	16.33	4.85	1.02	35.15	23.02	1.43
1850.0	27.41	48.00	13.95	16.90	5.06	1.01	35.10	23.07	1.44
1900.0	27.00	47.84	14.32	17.57	5.24	1.01	35.18	23.08	1.48
1950.0	26.60	47.80	14.63	18.39	5.49	1.01	34.75	23.07	1.44
2000.0	26.19	47.75	14.95	19.32	5.75	1.02	35.17	23.07	1.49
2100.0	25.36	47.71	15.39	21.35	6.34	1.02	34.71	22.74	1.53
2200.0	24.54	47.69	15.67	23.41	6.99	1.02	34.15	22.36	1.53
2300.0	23.71	47.80	15.82	23.78	7.80	1.02	34.51	22.25	1.58
2400.0	22.89	47.78	15.91	21.73	8.53	1.01	34.06	22.05	1.63
2500.0	22.08	47.92	15.95	19.16	9.47	1.01	33.84	21.71	1.72

Mini-Circuits®
ISO 9001 ISO 14001 AS 9100 CERTIFIED

minicircuits.com

P.O. Box 350166, Brooklyn, New York 11235-9033 (718) 934-4500 • Fax (718) 332-4661 For detailed performance specs & shopping online see Mini-Circuits web site www.minicircuits.com
The Design Engineers Search Engine Provides ACTUAL Data Instantly From MINI-CIRCUITS At: www.minicircuits.com

IF/RF MICROWAVE COMPONENTS

REV. OR

CMA-545G1+

12/26/2013

Page 7 of 9

MMIC Amplifier

CMA-545G1+

Typical Performance Data

Definitions:

Input Return Loss = -S11 (dB)
Gain(Power Gain) = S21 (dB)
Reverse Isolation = -S12 (dB)
Output Return Loss = -S22 (dB)

TEST CONDITIONS: Vd = 4.75V, Id = 142.87mA @ Temperature = +85°C

FREQ	Gain	Isolation	Input Return Loss	Output Return Loss	Stability		IP-3 Output	1dB Comp. Output	Noise Figure
(MHz)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	K	Measure	(dBm)	(dBm)	(dB)
300.0	30.47	68.31	5.77	19.26	28.37	1.25	31.23	18.52	3.22
350.0	31.49	66.38	10.32	20.74	25.00	1.08	32.03	19.62	1.54
400.0	31.71	64.45	13.37	21.62	20.56	1.04	33.05	20.48	1.26
450.0	31.60	63.33	12.47	21.75	18.09	1.05	33.53	21.00	1.16
500.0	31.42	62.58	10.88	21.69	16.48	1.07	33.15	21.15	1.22
550.0	31.33	60.59	9.85	22.17	12.92	1.10	33.27	21.11	1.27
600.0	31.21	59.98	9.14	21.08	11.95	1.11	32.98	21.21	1.25
650.0	31.09	59.53	8.68	20.33	11.31	1.13	33.07	21.13	1.22
700.0	31.00	58.67	8.38	19.75	10.21	1.13	33.47	21.41	1.25
750.0	30.94	57.98	8.18	19.20	9.40	1.14	32.93	21.41	1.26
800.0	30.89	57.39	8.05	18.70	8.78	1.14	33.43	21.41	1.28
850.0	30.86	56.50	7.99	18.17	7.91	1.14	33.62	21.58	1.21
900.0	30.84	55.80	7.99	17.73	7.30	1.14	33.74	21.60	1.23
950.0	30.82	55.02	8.06	17.16	6.68	1.14	33.89	21.85	1.25
1000.0	30.80	54.36	8.14	16.69	6.22	1.13	33.18	21.99	1.27
1050.0	30.78	53.70	8.28	16.25	5.79	1.12	33.65	21.96	1.27
1100.0	30.74	53.15	8.43	15.84	5.48	1.12	34.22	22.07	1.25
1150.0	30.70	52.46	8.63	15.45	5.12	1.11	34.04	21.99	1.31
1200.0	30.63	51.87	8.85	15.08	4.84	1.10	33.95	22.21	1.35
1250.0	30.53	51.42	9.13	14.80	4.68	1.09	34.51	22.22	1.39
1300.0	30.43	50.94	9.45	14.55	4.52	1.08	34.27	22.32	1.43
1350.0	30.28	50.46	9.77	14.37	4.39	1.07	34.30	22.25	1.37
1400.0	30.12	50.04	10.13	14.25	4.30	1.06	34.34	22.37	1.37
1450.0	29.92	49.65	10.51	14.15	4.24	1.05	34.44	22.38	1.41
1500.0	29.68	49.27	10.96	14.19	4.22	1.04	34.15	22.50	1.39
1550.0	29.41	48.91	11.41	14.27	4.22	1.03	34.63	22.42	1.32
1600.0	29.12	48.67	11.89	14.42	4.29	1.02	34.50	22.58	1.37
1650.0	28.81	48.50	12.36	14.69	4.40	1.02	34.80	22.63	1.42
1700.0	28.47	48.26	12.78	14.92	4.49	1.02	34.66	22.63	1.36
1750.0	28.12	48.09	13.26	15.31	4.63	1.01	34.77	22.66	1.42
1800.0	27.75	47.96	13.67	15.79	4.79	1.01	34.93	22.70	1.44
1850.0	27.38	47.93	14.06	16.30	5.02	1.01	35.16	22.72	1.42
1900.0	26.98	47.74	14.46	16.87	5.18	1.01	35.15	22.73	1.48
1950.0	26.58	47.69	14.76	17.59	5.43	1.01	34.89	22.77	1.42
2000.0	26.17	47.63	15.07	18.37	5.67	1.01	35.14	22.73	1.47
2100.0	25.35	47.62	15.53	20.00	6.28	1.01	34.66	22.43	1.50
2200.0	24.53	47.56	15.83	21.54	6.88	1.01	34.34	22.08	1.50
2300.0	23.71	47.75	15.98	21.89	7.74	1.01	34.51	21.95	1.56
2400.0	22.89	47.70	16.03	20.49	8.44	1.01	34.03	21.76	1.59
2500.0	22.08	47.90	16.06	18.45	9.43	1.01	33.83	21.45	1.70



ISO 9001 ISO 14001 AS 9100 CERTIFIED

minicircuits.com

P.O. Box 350166, Brooklyn, New York 11235-9033 (716) 634-4500 • Fax (716) 332-4661 For detailed performance specs & shopping online see Mini-Circuits web site
The Design Engineers Search Engine Provides ACTUAL Data Instantly From MINI-CIRCUITS At: www.minicircuits.com

IF/RF MICROWAVE COMPONENTS

REV. OR
CMA-545G1+
12/26/2013
Page 8 of 9

MMIC Amplifier

CMA-545G1+

Typical Performance Data

Definitions:

Input Return Loss = -S11 (dB)
Gain(Power Gain) = S21 (dB)
Reverse Isolation = -S12 (dB)
Output Return Loss = -S22 (dB)

TEST CONDITIONS: Vd = 5.25V, Id = 156.02mA @ Temperature = +85°C

FREQ	Gain	Isolation	Input Return Loss	Output Return Loss	Stability		IP-3 Output	1dB Comp. Output	Noise Figure
(MHz)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	K	Measure	(dBm)	(dBm)	(dB)
300.0	30.57	68.48	5.85	19.89	28.83	1.25	27.74	16.91	3.18
350.0	31.61	66.51	10.24	22.18	25.05	1.09	29.15	18.40	1.57
400.0	31.83	65.08	12.96	23.97	21.76	1.05	30.50	19.77	1.27
450.0	31.73	63.97	12.06	24.62	19.13	1.06	31.62	20.72	1.22
500.0	31.54	62.49	10.57	24.69	16.03	1.08	31.81	21.19	1.23
550.0	31.45	60.63	9.61	25.33	12.77	1.11	32.33	21.37	1.25
600.0	31.32	60.27	8.94	23.48	12.16	1.12	32.51	21.61	1.26
650.0	31.20	59.39	8.51	22.29	10.96	1.13	32.90	21.63	1.24
700.0	31.10	58.88	8.23	21.40	10.32	1.14	32.81	21.95	1.27
750.0	31.03	58.25	8.05	20.59	9.59	1.15	33.02	22.01	1.26
800.0	30.97	57.47	7.93	19.88	8.76	1.15	33.43	22.05	1.31
850.0	30.93	56.69	7.88	19.16	8.00	1.15	33.54	22.22	1.23
900.0	30.91	56.01	7.89	18.58	7.41	1.15	33.74	22.29	1.26
950.0	30.89	55.17	7.96	17.89	6.74	1.14	33.69	22.50	1.26
1000.0	30.86	54.49	8.04	17.32	6.27	1.14	33.20	22.61	1.30
1050.0	30.83	53.90	8.18	16.81	5.89	1.13	33.59	22.64	1.29
1100.0	30.79	53.29	8.33	16.34	5.54	1.12	33.96	22.76	1.29
1150.0	30.73	52.73	8.54	15.91	5.25	1.11	34.09	22.70	1.31
1200.0	30.66	52.06	8.75	15.52	4.93	1.10	33.93	22.86	1.35
1250.0	30.56	51.59	9.02	15.23	4.76	1.09	34.32	22.89	1.43
1300.0	30.45	51.06	9.32	14.97	4.57	1.08	34.14	22.94	1.43
1350.0	30.30	50.66	9.64	14.80	4.48	1.07	34.19	22.92	1.42
1400.0	30.12	50.24	9.98	14.69	4.40	1.06	34.09	22.98	1.39
1450.0	29.92	49.78	10.35	14.60	4.31	1.06	34.29	22.97	1.43
1500.0	29.68	49.47	10.78	14.68	4.32	1.05	34.09	23.04	1.46
1550.0	29.40	49.14	11.22	14.79	4.34	1.04	34.42	23.02	1.36
1600.0	29.11	48.88	11.66	14.98	4.40	1.03	34.18	23.06	1.41
1650.0	28.79	48.67	12.11	15.30	4.50	1.03	34.37	23.13	1.47
1700.0	28.44	48.45	12.52	15.58	4.61	1.02	34.47	23.11	1.43
1750.0	28.09	48.33	12.95	16.05	4.78	1.02	34.48	23.16	1.49
1800.0	27.71	48.15	13.33	16.61	4.93	1.02	34.55	23.21	1.48
1850.0	27.33	48.15	13.69	17.21	5.18	1.02	34.90	23.26	1.47
1900.0	26.93	47.93	14.06	17.93	5.33	1.02	34.81	23.29	1.51
1950.0	26.52	47.84	14.34	18.82	5.56	1.02	34.39	23.20	1.45
2000.0	26.11	47.82	14.65	19.83	5.84	1.02	34.61	23.26	1.53
2100.0	25.28	47.81	15.07	22.09	6.47	1.02	34.19	22.90	1.54
2200.0	24.45	47.80	15.35	24.52	7.14	1.02	33.80	22.49	1.58
2300.0	23.62	47.87	15.50	24.89	7.93	1.02	34.12	22.39	1.63
2400.0	22.80	47.82	15.60	22.34	8.66	1.02	33.73	22.16	1.68
2500.0	21.98	47.99	15.63	19.49	9.65	1.01	33.48	21.80	1.77



minicircuits.com

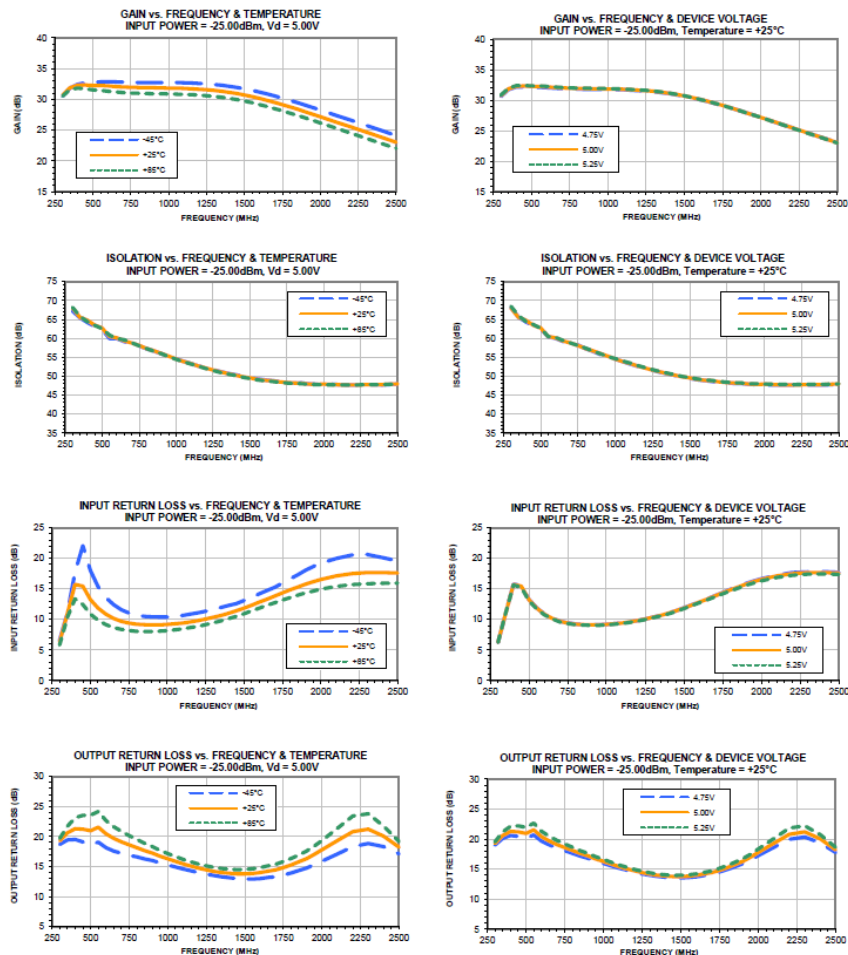
P.O. Box 350166, Brooklyn, New York 11235-0033 (718) 934-4500 • Fax (718) 332-4661 For detailed performance specs & shopping online see Mini-Circuits web site
 The Design Engineers Search Engine Provides ACTUAL Data Instantly From MINI-CIRCUITS At: www.minicircuits.com
 IFR/MICROWAVE COMPONENTS

REV. OR
CMA-545G1+
12/26/2013
Page 9 of 9

MMIC Amplifier

CMA-545G1+

Typical Performance Curves



Mini-Circuits®
ISO 9001 ISO 14001 AS 9100 CERTIFIED

P.O. Box 350166, Brooklyn, New York 11235-0063 • Fax (718) 334-4500 • Fax (718) 332-4661 For detailed performance specs & shopping online see Mini-Circuits web site
The Design Engineers Search Engine Provides ACTUAL Data Instantly From MINI-CIRCUITS At: www.minicircuits.com

IF/RF MICROWAVE COMPONENTS

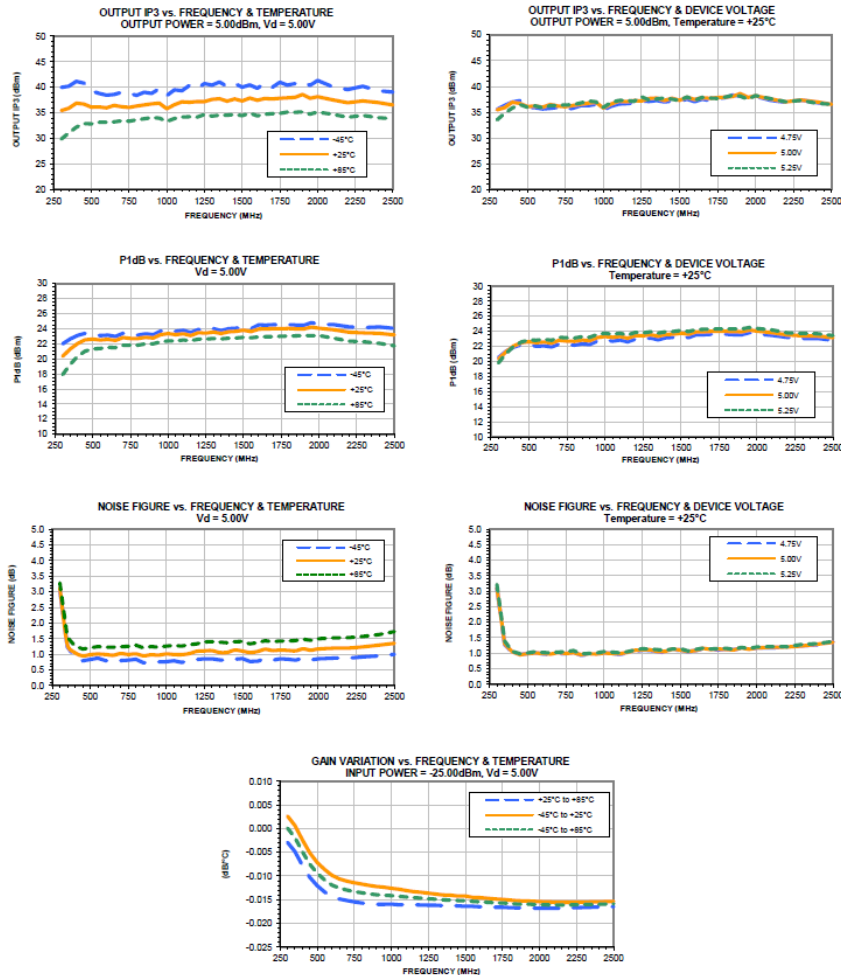
minicircuits.com

REV. OR
CMA-545G1+
12/26/2013
Page 1 of 2

MMIC Amplifier

CMA-545G1+

Typical Performance Curves



Mini-Circuits®
ISO 9001 ISO 14001 AS 9100 CERTIFIED

minicircuits.com

P.O. Box 350160, Brooklyn, New York 11235-0003 (718) 934-4500 • Fax (718) 332-4661 For detailed performance specs & shopping online see Mini-Circuits web site



The Design Engineers Search Engine Provides ACTUAL Data Instantly From MINI-CIRCUITS At: www.minicircuits.com

IF/RF MICROWAVE COMPONENTS

REV. OR
CMA-545G1+
12/26/2013
Page 2 of 2